

일사 수광량 보정에 의한 산악지대 매시기온의 공간내삽

정유란 · 윤진일

경희대학교 생명자원과학연구원/생태시스템공학과

(2002년 4월 26일 접수; 2002년 6월 1일 수락)

Spatial Interpolation of Hourly Air Temperature over Sloping Surfaces Based on a Solar Irradiance Correction

Uran Chung and Jin I. Yun

Institute of Life Science and Natural Resources/Department of Ecosystems Engineering,

Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea

(Received April 26, 2002; Accepted June 1, 2002)

ABSTRACT

Spatial interpolation has become a common procedure in converting temperature forecasts and observations at irregular points for use in regional scale ecosystem modeling and the model based decision support systems for resource management. Neglect of terrain effects in most spatial interpolations for short term temperatures may cause erroneous results in mountainous regions, where the observation network hardly covers full features of the complicated terrain. A spatial interpolation model for daytime hourly temperature was formulated based on error analysis of unsampled site with respect to the site topography. The model has a solar irradiance correction scheme in addition to the common backbone of the lapse rate - corrected inverse distance weighting. The solar irradiance scheme calculates the direct, diffuse and reflected components of shortwave radiation over any surfaces based on the sun-slope geometry and compares the sum with that over a reference surface. The deviation from the reference radiation is used to calculate the temperature correction term by an empirical conversion formula between the solar energy and the air temperature on any sloped surfaces at an hourly time scale, which can be prepared seasonally for each land cover type. When this model was applied to a 14 km by 22 km mountainous region at a 10 m horizontal resolution, the estimated hourly temperature surfaces showed a better agreement with the observed distribution than those by a conventional method.

Key words : spatial interpolation, air temperature, topography, mountainous terrain, solar irradiance

I. 서 언

기온은 식물병해충 예찰모형과 증발산 추정모형의 구동변수로 이용되므로 작물재배지역 내 기온의 공간적인 변이를 알 수 있다면 지역에 따라 적절한 식물병해충 관리나 물 관리계획의 수립이 가능하다. 또한 과수재배단지에서 동상해 경감대책을 세우거나, 피복자재를 이용하는 농업시설의 환경제어 계획을 세우는

데도 상세 기온정보는 필수적이다. 한편 토양생태연구에 필요한 지온의 추정 역시 지상부 기온값을 이용하는 경우가 흔하다(Kluender *et al.*, 1993; Kang *et al.*, 2000).

월별 기온통계자료나 일 최고 및 최저기온처럼 하루 이상의 시간 간격을 갖는 경우, 관측소가 없는 지역을 위한 기온 추정방법도 많이 개발되어 있으며(Bolstad *et al.*, 1998; Dodson and Marks, 1997; Holdaway,

1996; Lennon and Turner, 1995; Nalder and Wein, 1998; Thornton *et al.*, 1997; Yun *et al.*, 2000a), 이들로부터 유도되는 각종 기후지수들은 이미 농림업 분야에서 널리 활용되고 있다(Shin and Yun, 1992; Shin *et al.* 1999). 그러나 시간대별 기온은 관측자료에의 접근이 제한적일 뿐 아니라 공간내삽 방법도 정립되어 있지 않은데, 특히 관측밀도가 낮은 산간지역의 경우 그 필요성은 평야지보다 더 절실하지만 실제로는 전혀 시도되지 못하고 있다. 농림업 활동 가운데 많은 부분이 산촌에서 이루어질 뿐 아니라 자연생태공간의 대부분을 산간지역이 차지하는 우리 나라에서 시간대별 기온의 공간변이를 정확히 평가할 수 있는 방법을 개발하는 일은 매우 중요한 일이다.

한 지점의 매시 기온 관측값에는 이 지점의 수평 및 수직 위치, 주변 식생, 하천이나 바다 등, 모든 기온결정인자의 영향이 반영되어 있다고 볼 수 있다. 만약 지표 특성이 이들 관측지점과 동질적이며, 관측점들의 표고에 의해 그 지형이 정확히 표현될 수 있는 넓은 지역이 있다면, 기존의 거리역산가중법(Inverse Distance Weighting: IDW)에 의해 내삽되는 기온의 공간변이는 실제 기온의 공간변이와 일치할 것이다. 그러나 현실세계의 지표면은 다양한 피복으로 구성되어 있고, 그 지형특성 역시 관측지점의 표고값만으로 대표할 수 없으므로 기온의 실제 변이는 내삽된 가상의 기온변이와 다를 수 밖에 없다. 이러한 오차는 지형이 복잡할 뿐 아니라 관측밀도가 낮은 산악지대에서 더욱 심할 것으로 예상된다. 특히 맑은 날 낮 시간대의 기온분포는 지면 경사와 태양고도 및 방위각간 상호작용에 의해 결정되는 일사 수광량 분포에 의존할 것이므로, IDW 내삽기온을 일사 수광량에 의해 적절히 보정하는 일이 매우 중요하다.

본 연구는 첫째, 산악지대의 맑은 날 낮 시간대 기온내삽 과정에서 경사면의 일사 수광량 차이에 의해 발생하는 추정오차를 정량화 하고, 둘째, 이 추정오차를 줄이기 위한 구체적인 방법을 제시하며, 셋째, 이 방법을 현실에 적용하여 그 실용성을 확인하기 위해 수행하였다.

II. 내삽기온의 오차모형

2.1. 모형의 개요

지표면의 균질성을 전제로 할 때, 비관측점의 IDW

내삽오차는 주로 관측점과의 고도편차 및 지형의 이질성, 두 가지 원인에 의해 생긴다. 관측점의 표고값만으로 복원한 '가상지형'으로부터 비관측점의 표고치를 얻어 여기에 기온감율을 적용하면 첫 번째 오차의 크기를 추정할 수 있다. 지형의 이질성 때문에 생기는 오차는 대부분 복잡지형 상의 일사 수광량상과 관련이 있으며, 여기에 기인한 평면상의 관측점에 대한 비관측점의 현열 과부족을 고려함으로써 결정될 수 있을 것이다. 거리지승역산가중법(inverse distance squared weighting, IDSW)을 토대로 임의 비관측점의 기온내삽 오차를 정량적으로 표현하면 다음과 같다.

$$T - \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} = \left[z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Gamma + \left[S - \frac{\sum \frac{S_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] \Delta + \varepsilon \quad (1)$$

여기서 T_i 는 지점 'i'의 실측 기온, d_i 는 내삽지점로부터 관측점 'i'까지의 거리, z 및 z_i 는 각각 내삽지점과 관측점 'i'의 해발고도, Γ 는 해발고도에 따른 기온감율, S 는 내삽지점의 경사도와 경사방위를 고려해 계산된 일사 수광량, S_i 는 관측점 'i'의 실측 일사량, 그리고 Δ 는 일사 에너지의 기온당량, 즉 수평면과의 일사 수광량 차이를 기온변화량으로 변환하기 위한 계수이다. 고도와 지형인자만으로는 해석할 수 없는 나머지 오차가 ε 이다.

식 (1)의 좌변 두 번째 항은 IDSW 내삽에 의한 추정기온이며, 우변 첫 항의 괄호 안은 IDSW 내삽으로 복원한 '가상지형'과 실제 표고간 편차를 의미한다. 따라서 우변 첫 항은 해발고도의 국지적 변이로부터 생기는 오차를 나타내며, 표고차 보정에 이용될 수 있다. 두 번째 항의 괄호 안에 있는 계산식은 표준관측지점 또는 수평면 전천일사량에 대한 경사면의 일사 수광량 차이를 나타낸다. 이류가 없는 조건이라면 지상 1.5 m 높이에서 시간대별로 관측되는 기온값은 지표로부터 관측위치에 이르는 현열의 크기에 의해 결정되며, 다른 조건이 모두 같다면 지표 순복사 에너지와 밀접한 관련이 있다. 낮시간대의 순복사 에너지 경시변화는 거의 일사 수광량의 변화를 따르므로(Oke, 1987), 일사 수광량은 낮 시간 동안의 기온을 결정하는 매우 중요한 인자가 된다. 따라서 지형에 따른 일사 수광량 분포를 정확히 계산하고, 일사 수광량의 공간변이를 기온의 변이로 표현할 수 있는 적절한 변환계수 Δ 를

찾아낸다면, 이 항은 지형의 복잡성에 기인한 오차를 보정하는 데 이용될 수 있다.

2.2. 경사면의 기온감율

표고차 보정을 위해 많은 연구자들이 기온감율(Γ)을 이용해 왔는데, 매시기온의 경우 Yun *et al.*(1999)은 관측점과의 표고편차에 표준대기의 기온감율을 날짜와 시간에 무관하게 일률적으로 적용하여 거리가중대삽 결과를 보정하였다. 지구대기의 건조단열감율은 상수이며 표준대기의 연직상방 기온감율 역시 예측이 가능하지만, 산악지역에서 경사면을 따라 이동할 때 관찰되는 “사면기온감율”(mountain slope lapse rate)을 경험적으로 얻을 수 밖에 없다. 본 연구에서는 일중 시간에 따른 기온감율의 변화는 무시하고, 연중 날짜에 따른 변화양상만 고려하여 Yun *et al.*(2001)의 경험식 가운데 일 평균기온에 해당하는 다음 식을 이용하였다.

$$|\Gamma| = 0.00688 + 0.0015 \cos \{0.0172(DOY - 60)\} \quad (2)$$

여기서 DOY는 연중 날짜(1월 1일=1, 12월 31일=365 혹은 366)이다.

2.3. 경사면의 시간대별 일사 수광량

경사지의 일사 수광량은 시간에 따른 태양고도 및 방위각의 변화가 수광면의 기하학적 형태와 반응하여 평지와는 크게 다른 양상을 보인다. 흔히 사용되는 경사면의 일사 수광량 계산방법은 수평면 전천일사량을 대상으로 하지만, 수평면 전천일사량에는 직달일사, 산란일사, 그리고 주변으로부터의 반사성분이 섞여 있으므로 지형에 따른 정확한 일사 수광량을 계산하기 위해서는 전천일사량을 이들 성분별로 분류하고, 각 성분별로 적합한 계산식이 만들어져야 한다. 엄밀하게는 기존의 계산방법이 적용될 수 있는 성분은 직달일사에 한정된다. 기존의 방법이 갖는 또 하나의 취약점은 주변 지형에 의한 직달일사 성분의 차단효과를 반영할 수 없다는 것이다. 복잡한 산악지형에서는 주변 지형이 만드는 그늘에 의해 직달일사 성분이 차단되어 실제 수광량이 계산값보다 적은 경우가 생길 수 있다. 따라서 정밀한 태양위치와 지형간 기하학적 관계를 토대로 그늘진 지역의 수광량을 보정할 수 있는 방법도 강구되어야 한다.

우선 일사관측소에서 측정하는 수평면 전천일사량

(S_0) 가운데 관측시점의 태양고도(α)에 따라 직달(R_{b0}) 및 산란성분(R_{d0})을 다음 Gates(1980)의 식에 의해 구분하였다. 주변 지형지물에 의한 반사성분(R_{r0})은 표준 관측소의 관측여건을 고려하여 0으로 두었다.

$$R_{b0} = S_0 \tau^{\frac{1}{\sin \alpha}} \quad (3)$$

$$R_{d0} = S_0 - R_{b0} \quad (4)$$

여기서 τ 는 태양복사의 대기 투과율로서 완전히 맑은 하늘인 경우 0.8, 혼탁한 경우 0.4 정도이다(Gates, 1980). 본 연구에서는 대기권 밖에 도달한 복사에너지 가운데 약 80% 까지 산란되지 않고 직접 지구표면에 도달한다고 가정하여 0.8로 두었다. 이 식은 대기 투과율이 태양고도가 낮아짐에 따라 함께 낮아져 직달일사 성분을 감소시킴을 나타낸다. 이 식에 의하면 맑은 날 연직 상방에 태양이 있을 경우에 관측되는 수평면 전천일사에는 직달성분이 80%이며, 같은 조건에서 태양고도가 30도일 때는 전천일사 가운데 64% 만이 직달성분으로 구성된다.

관측시점의 태양방위각이 β 일 때 경사면의 방향이 asp 이고 각도가 slp 인 지면이 받는 직달일사량은 다음 식과 같이 표현할 수 있다(Kondratyev and Federova, 1977).

$$R_{b1} = R_{b0} \{ \cos \alpha \cos(\beta - asp) \sin(slp) + \sin \alpha \cos(slp) \} \quad (5)$$

산란일사는 광학적 등방성(isotropy)이 적용될 수 있으므로 수광량은 수광면의 각도에 무관하며 천공의 개방도 즉 sky view factor에만 의존한다. 따라서 경사면의 산란일사 수광량은

$$R_{d1} = R_{d0} \cos^2\left(\frac{slp}{2}\right) \quad (6)$$

로 표현된다. 여기서 $\cos^2(slp/2)$ 는 1을 최대값으로 하는 sky view factor를 가리킨다.

대부분 일사관측소의 경우 양호한 관측여건상 sky view factor를 1로 두어 수평면 전천일사 가운데 주변 지형지물에 의한 반사성분을 무시할 수는 있지만 복잡한 지형에서는 sky view factor를 반드시 고려해야 한다. 만약 주변 지형지물의 태양복사에 대한 반사율(ALB)을 알고 있다면 경사면이 받는 반사성분의 일사

량은

$$R_{r1} = ALB S_0 \left\{ 1 - \cos^2 \left(\frac{slp}{2} \right) \right\} \quad (7)$$

이 된다.

세 가지 성분을 모두 합치면 경사면이 받는 전천일사량(S_1)을 구할 수 있다.

$$S_1 = R_{b1} + R_{d1} + R_{r1} \quad (8)$$

이 때 주변 지형과 태양고도 및 방위각간 기하학적 관계를 분석하여 이 경사면이 주변 지형에 의해 그늘지게 될 경우 직달 일사 성분은 0으로 두어야 한다.

2.4. 일사 - 기온 변환당량

동질적인 지표 피복으로 이루어진 지역 내에서 표고가 같은 두 지점 간 기온의 변이는 현열로 소모되는 순복사 에너지의 비율에 의해 결정되므로 일사 수광량의 변이를 알고 있다라도 기온으로의 변환식이 없다면 추정이 불가능하다. 즉 지점별로 계산된 일사 수광량은 지형의 복잡성에 기인한 기온 추정오차를 적절히 보정할 수 있는 현열당량으로 변환되어야 한다.

기단, 해발고도 등 종관기상 조건이 동일한 지역에서 지점간 나타나는 국지기온의 차이는 주어진 순복사 에너지의 소모요인 가운데 현열의 크기에 의해 설명할 수 있다. 하지만 일사 수광량 가운데 어떤 비율만큼 현열로 소모되는지, 혹은 관측된 기온편차 중 과연 얼마가 수광량의 차이에 기인된 것인지 알기 위해서는 보다 정밀한 미기상학적 관측이 선행되어야 한다. 더욱이 실용성을 염두에 둔 연구라면 현실세계에서 예상되는 모든 대기 및 지표조건에서 시공간적으로 방대한 실험을 수행해야 할 것이다. 이것은 현실적으로 불가능한 일이므로 우선 대기 및 지표조건이 유사한 두 지점에서 연중 기온과 일사 수광량을 시간대별로 측정해서 일사 수광량의 차와 기온의 차 사이에 얻어지는 경험식을 이용하기로 하였다.

초지의 경우 제주도에서 관측된 일사기온당량 값이 보고된 바 있다(Yun *et al.*, 2000b). 제주도는 한라산을 중심으로 남북으로는 경사가 급하고 면적이 좁아 기후나 식생에 차이가 크지만, 동서방향으로는 넓고 경사가 완만한 평지로 이루어져 있어 위도, 해발고도, 지표피복 등 관측조건이 유사하다. 동쪽(제동목장, 해발 380 m)과 서쪽(이시들목장, 해발 350 m)의 초지에

서 시간대별 자료를 수집하여 두 지점간 기온과 일사량 편차를 계산한 결과, 일사기온당량 Δ 는 겨울 1.6, 여름 1.8, 봄 1.9°C/MJ m⁻²로서 계절에 따라 약간의 변화를 보인다. 즉 제주도 초지의 경우 기준점에 비해 한 시간 동안 평방미터 당 일사 수광량이 1 MJ 증가함에 따라 기온은 기준점보다 1.6~1.9°C 상승하는 것이 보통이라는 의미이다.

다른 지역에서는 초지는 물론 농경지나 삼림의 경우에도 보고된 값이 없으므로 모형을 적용하기 위해서는 먼저 대상지역에서 이 값부터 얻어야 한다. 본 연구에서는 강원도 평창 지역의 농촌진흥청 고령지농업시험장(NAAES) 관할 6개 농업기상관측소에서 2000년 12월부터 2001년 9월까지 관측한 매시 기온과 일사량 자료를 수집하여 이 값을 도출하고자 하였다. 주어진 시각에 관측된 임의의 두 지점간 기온편차를 직전 한 시간 동안의 적산일사량 편차에 대응시켜 직선 회귀식을 얻으면 그 기울기가 일사기온당량 Δ 에 해당한다. 평창자료의 분석 결과 회귀식의 결정계수(r^2)는 0.3~0.5 정도로 높지 않으나, 겨울철(12, 1, 2월)에는 비교적 지점에 따라 2.5~3.0°C/MJ m⁻², 여름철(6, 7, 8월)에는 1.3~1.6°C/MJ m⁻²로서 계절별로 뚜렷이 다른 값을 얻었다. 즉 겨울철에는 제주도의 초지에 비해 거의 두 배 가까운 값을 보였고, 여름에는 초지에 비해 오히려 약간 낮은 값을 보였다. 관측소 주변이 농경지(논, 밭, 과수원)로서 작물 생육기간 중 관개를 하는 점이 제주도의 초지와 다른데, 관개수의 증발잠열이 여름철의 낮은 값에 대한 하나의 이유가 될 것이다. 한편 겨울철의 높은 값에 대한 이유는 겨울에도 생장을 지속하는 제주도의 목초지에 비해 거의 나대지와 다를 바 없는 평창의 겨울철 농경지 지표특성에서 찾을 수 있을 것이다.

III. 모형의 신뢰성 검증

3.1. 대상지역 선정 및 기온 공간내삽

지형특성과 자료 수집 가능성을 고려하여 농경지 일사기온당량을 도출하였던 강원도 평창군 남부를 중심으로 남북 14 km, 동서 22 km의 장방형 구역을 검증 지역으로 설정하였다. 이 구역 안에는 전술한 NAAES 농업기상관측소 6개 가운데 5개가 포함되며 매시 기온과 일사량 외에도 풍향, 풍속, 지온, 강수량 등을 함께 관측하고 있다(Fig. 1).

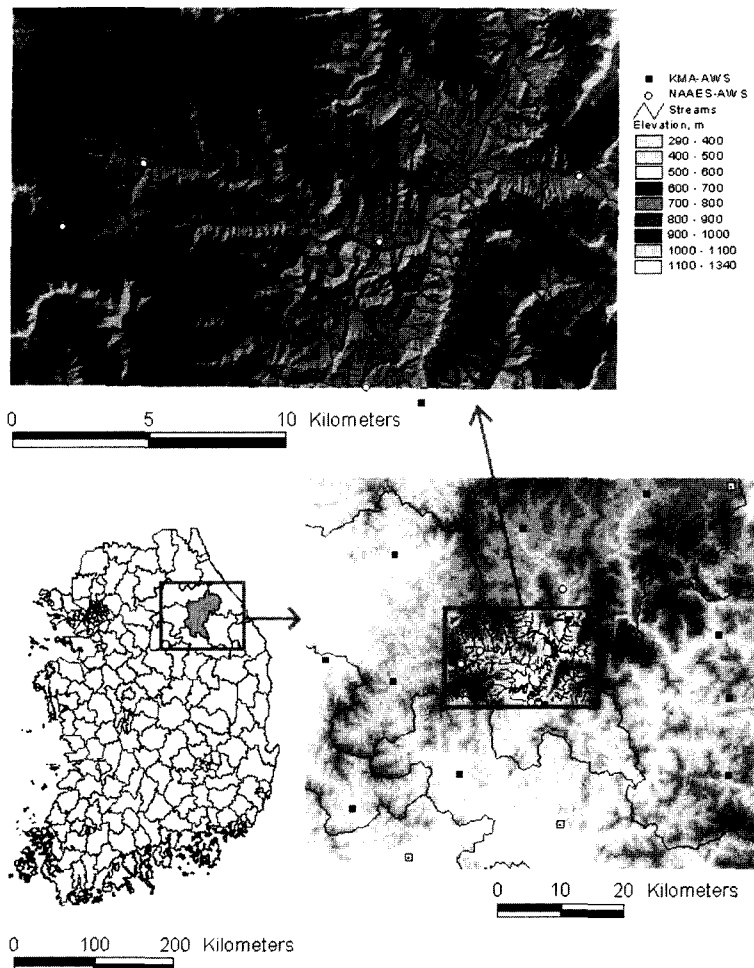


Fig. 1. Location map of the study area with the agrometeorological station sites.

국립지리원으로부터 이 지역 25,000:1 수치지형도를 얻어 주곡선 layer로부터 TIN(triangulated irregular network) 표면을 생성하고, 이것을 10 m 격자간격의 DEM(digital elevation model)으로 변환하였다. ‘가상 지형’은 5개 NAAES 농업기상관측소 고도값을 DEM과 같은 해상도로 IDSW 내삽에 의해 생성하였고, 준비된 10 m DEM의 해발고도 면에서 ‘가상 지형’의 해발고도 면을 빼줌으로써 1,400×2,200 grid cell의 고도편차를 계산하였다.

날씨가 맑았던 2001년 5월 24일 09:00부터 17:00까지 시간대별로 모형에 의해 기온값을 추정하였다. 우선 식 (2)를 이용해서 각 날짜별 T 를 계산하였다. DEM으로부터 경사도와 사면방위각을 계산하였고, 이

날짜의 시간대별 태양고도 및 방위각을 이용해 지형에 의한 그늘지역(hillshade)을 찾았다. 이들을 관련 식에 대입하여 각 grid cell의 매시 일사량 3요소를 계산하였다. 지형에 기인한 오차의 보정량은 여름철 Δ 값에 수평면 일사량에 대한 각 grid cell의 일사량 편차를 곱하여 얻었다. 5개 농업기상관측소 기온관측값을 이용하여 IDSW 내삽 및 고도차 보정에 의해 관행적인 기온 추정값을 얻었고, 여기에 일사수광량 보정을 함으로써 새로운 방법에 의한 기온 추정값을 계산하였다.

3.2. 검증자료의 수집과 분석

계산결과와의 검증을 위해서는 좁은 지역이면서도 경사방향이 서로 다른 여러 지점에서 관측값을 얻어야

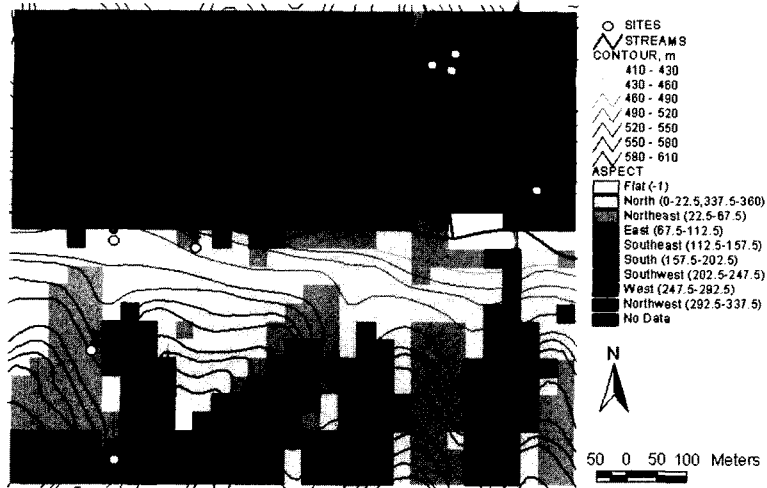


Fig. 2. Temperature measurement sites for the model validation with the site topography (contours and the slope aspect).

한다. 이를 위해 앞서 준비한 사면 방위각 표면으로부터 남북방향 및 동서방향 계곡이 몰려 있는 지역을 선정한 다음, 현지 답사를 거친 후 경사방향이 서로 다른 8개 지점에 간이 기온관측소를 설치하였다(Fig. 2). 관측지점의 위치좌표는 GPS 수신기(Model GeoExplorer III, Trimble Inc., USA)에 의해 측정하고 국립지리원 기준국(원주) 자료에 의해 보정하였다. 기온은 thermistor-data logger 일체형 온도계(Model StowAway, Onset Computer, USA)를 이용하여 지상 2 m 높이에서 styrofoam 재질의 일회용 접시(외부는 백색, 내부는 흑색) 두 개로 위아래를 차광한 상태에서 5분 간격으로 측정하였다.

이들과 비교하기 위해 일사 수광량 보정이 된 최종 기온표면에서 간이 기온관측지점의 좌표에 해당하는 grid cell의 값을 추출하였다. 기온 검증관측지점의 지표 피복상태, 개방도 등 관측여건이 표준화되어 있지 않은 점을 감안하여 실측값과 계산값간 직접 비교 대신 8개 지점 가운데 임의의 두 지점간 기온편차를 비교하는 상대적인 방법을 선택하였다. 즉 간이장치에 의한 실측 기온값들은 국지성이 강하여 다른 지점들과 시공간적으로 함께 비교할 수 있는 “종합” (synoptic) 자료는 아니지만, 지점들 상호간의 기온편차는 항상 보존될 것으로 가정하는 것이다. 시간대별로 추정기온값의 28개 편차쌍을 계산한 다음, 실측값의 편차쌍 28개와 비교하였다. 대조값으로는 일사보정을 하기 전의 추정기온(거리역산가중에 고도차 보정만 실시)을 사

용하였다.

IV. 결과 및 고찰

2001년 5월 24일 09:00부터 17:00까지 8개의 지점에서 관측된 기온값을 이용하여 임의의 두 지점간 편차를 계산한 결과 시간대별로 -3 ~ +3°C 범위에서 변화하였다. 즉 서로 유사한 고도 면에 위치하더라도 경

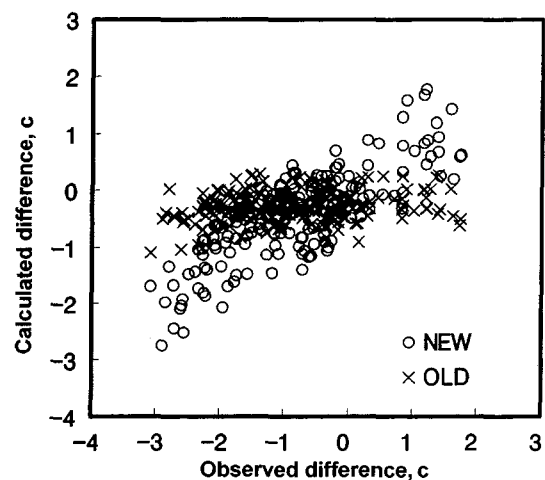


Fig. 3. Temperature difference between any two validation sites estimated by the conventional lapse rate - corrected (OLD) and the solar irradiance - corrected (NEW) interpolation. Estimated differences are plotted against the observed differences.

사면의 방향에 따라 같은 시간대에 상당한 기온변이가 존재함을 확인하였다. 이를 추정하기 위해 기존의 방법대로 기온감율에 의한 고도차 보정만 실시할 경우 지점 상호간의 기온변이는 거의 찾기 힘들며, 따라서 실측편차와의 상관도 매우 낮다. 한편 사면 일사 수광량의 차이에 기온일사당량을 적용하여 이 초기 기온값을 보정해 주면 추정값의 편차와 실측값의 편차간 상관관계수가 0.78로 크게 개선되는 것을 확인할 수 있다 (Fig. 3). 즉 이 모형을 이용하면 복잡한 지형에 의해 생기는 낮 시간대의 기온변이를 어느 정도 정확하게 예측할 수 있다.

Fig. 4는 고도보정만 한 기온값에 비해 일사보정까지 한 경우의 오차제거효과를 나타낸 것이다. 계곡 주변의 복잡한 지형에 의해 생기는 기온변이 특징을 일사보정에 의해 정확하게 표현할 수 있음을 알 수 있다. 기존의 고도차 보정만으로 생성되는 분포에 비해 국지적인 지형의 효과가 충실히 반영되었음을 알 수 있으며, 수평면에 비해 상대적으로 고온 혹은 저온역이 어디에 생기는지 정밀하게 판별할 수 있다.

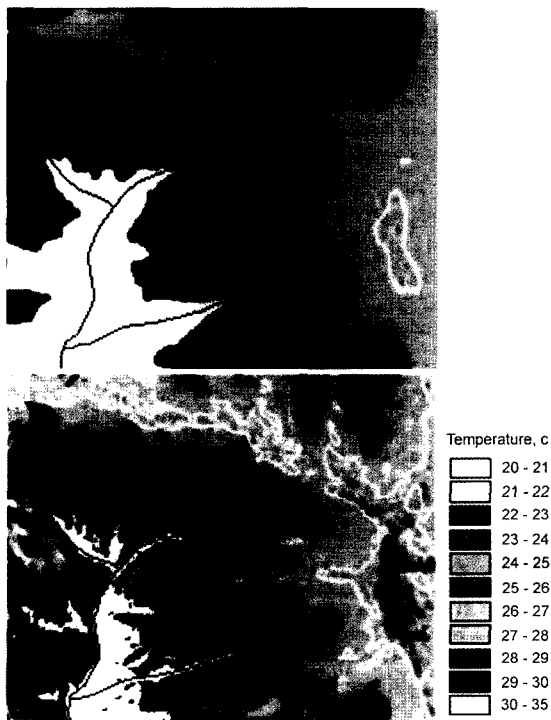


Fig. 4. A zoomed image of sample temperature surfaces generated by the conventional lapse rate - corrected (top) and the solar irradiance - corrected (bottom) interpolation.

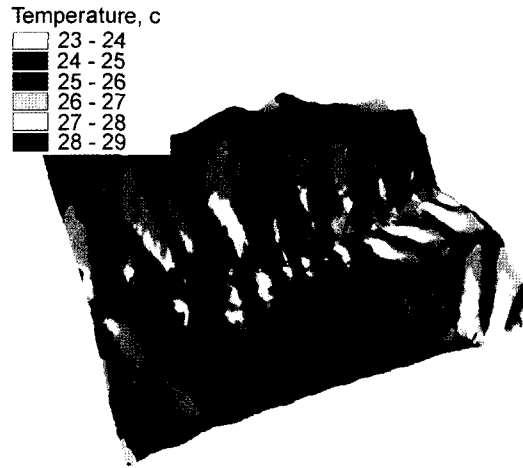


Fig. 5. A sample temperature surface over a 2.8 km by 2.4 km area estimated for 1700 LST on 24 May 2001. A color range code corresponding to the temperature is draped on the triangulated irregular network of the study area. A three dimensional shading effect is imitated for the low sun angle from the west at this time of day.

Fig. 5는 이 모형을 이용하여 대상지역 가운데 간이 기온관측지점을 포함한 2.8 km×2.4 km 구역의 2001년 5월 24일 오후 5시의 기온분포를 예측하고 그 계산값을 3차원 지형도 위에 덧씌운 것이다. 물론 국지 기온의 결정에 관여하는 인자는 고도와 지형뿐만 아니라 기 때문에 소수의 관측 혹은 예보기온값을 토대로 내삽에 의해 얻은 이 같은 결과를 전적으로 믿을 수는 없다. 앞으로 지표피복의 종류가 국지기온 결정에 미치는 영향을 정량화하고, 복사냉각에 의한 냉기의 집적을 모형화 하는 등, 몇 가지 보완작업을 거친다면 이 같은 정밀 기후도는 농업 및 삼림생태계 관리목적의 다양한 의사결정과정에서 활용될 수 있을 것이다.

V. 적 요

관측밀도가 낮고 지형이 복잡한 산악지역을 대상으로 낮시간대 기온의 경시변화를 기존의 방법으로 내삽할 경우 일사 수광량의 불균일한 분포 때문에 심각한 추정오차가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 기존의 기온감율을 고려한 거리역산가중 내삽모형에 일사 수광량 보정항을 추가하고 오차경감 정도를 평가하였다. 강원도 평창군 일대 14 km×22 km 지역을 10 m 해상도의 수치고도모형으로 표현하고, 각 격자점에 대해 태양과 지표면 사이의 기하학적 관계를 바탕으로

시간대별 실제 일사 수광량을 직달, 산란, 반사 등 성분별로 계산하였다. 수평면 일사량과의 편차를 산출한 다음 이 지역에서 경험적으로 얻은 일사-기온 변환당량을 적용하여 보정값을 얻었다. 기존의 방법에 의해 내삽된 기온값에 이 보정값을 적용하여 대상지역 전역의 기온분포도를 작성하였다. 대상 지역 내 경사향이 서로 다른 8개 지점에서 기온을 측정하여 기온분포도와 비교한 결과 추정오차가 크게 줄어들었음을 확인할 수 있었다.

감사의 글

평창군 농업기상관측망 자료를 이용할 수 있도록 허락한 농촌진흥청 고령지농업시험장 및 (주)참성대 관계자에게 감사드린다. 이 논문은 제 1 저자의 경희대학교 대학원 농업기상학 전공 석사학위 청구논문의 일부이며 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-221-002-5) 및 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 2-1-1)에 의해 수행되었다.

인용문헌

- Bolstad, P.V., L. Swift, F. Collins, and J. Regniere, 1998: Measured and predicted air temperatures at basin to regional scales in the southern Appalachian mountains. *Agricultural and Forest Meteorology*, **91**, 161-176.
- Dodson, R. and D. Marks, 1997: Daily temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. *Climate Research*, **8**(1), 1-20.
- Gates, D.M., 1980: *Biophysical Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Holdaway, M.R., 1996: Spatial modeling and interpolation of monthly temperature using kriging. *Climate Research*, **6**, 215-225.
- Kang, S., S. Kim, S. Oh, and D. Lee, 2000: Predicting spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography, surface cover and air temperature. *Forest Ecology and Management*, **136**, 173-184.
- Kluender, R.A., L.C. Thompson, and D.M. Steigerwald, 1993: A conceptual model for predicting soil temperatures. *Soil Science*, **156**, 10-19.
- Kondratyev, K.Y. and M.P. Federova, 1977: *Radiation Regime of Inclined Slopes*. WMO Technical Note No. 152.
- Lennon, J.J. and J.R.G. Turner, 1995: Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. *Journal of Animal Ecology*, **64**, 370-392.
- Nalder, I.A. and R.W. Wein, 1998: Spatial interpolation of climatic normals: test of a new method in the Canadian boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, **92**, 211-225.
- Oke, T.R. 1987: *Boundary Layer Climate (2nd edition)*. Methuen and Company, New York.
- Shin, M.Y. and J.I. Yun, 1992: Estimation of monthly temperature distribution in Cheju Island by topoclimatological relationships. *Journal of Korean Forestry Society*, **81**, 40-52. (In Korean with English abstract)
- Shin, M.Y., J.I. Yun, and A.S. Suh, 1999: Estimation of daily maximum and minimum temperature distribution over the Korean Peninsula by using spatial statistical technique. *Journal of Korean Society of Remote Sensing*, **15**, 9-20. (In Korean with English abstract)
- Thornton, P.E., S.W. Running, and M.A. White, 1997: Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain. *Journal of Hydrology*, **190**, 214-251.
- Yun, J.I., J.Y. Choi, and J.H. Ahn, 2001: Seasonal trend of elevation effect on daily air temperature in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, **3**, 96-104. (In Korean with English abstract)
- Yun, J.I., J.Y. Choi, Y.K. Yoon, and U. Chung, 2000a: A spatial interpolation model for daily minimum temperature over mountainous regions. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, **2**, 175-182. (In Korean with English abstract)
- Yun, J.I., J.C. Nam, and S.Y. Hong, 2000b: Conversion of solar irradiance difference to the air temperature variation: a case study in Cheju Island. *Crop Production Management under the Changing Climate* (Abstracts of the Annual Meeting of Korean Society of Crop Science, November 3, 2000), 234-235.
- Yun, J.I., D.S. Yi, J.Y. Choi, S.I. Cho, E.W. Park, and H. Hwang, 1999: Elevation-corrected spatial interpolation for near-real time generation of meteorological surfaces from point observations. *AgroInformatics Journal*, **1**, 28-33. (In Korean with English abstract)