

由熱力方程預測臺北隔日最高溫度

李燕輝 林洋政

Prediction of the Maximum Temperature in Taipei by Thermal Equations

Yen-Whea Lee, Young-Jeng Lin

Abstract

On the bases of the Thermal Equations of the Gas and the Principles of Thermodynamics, we use the observational data of the surface the upper sky and the Solar Radiations of the Taipei area to make a prediction of the maximum temperature in the area for the next day.

引言

最高溫度的預測現行有多種方法雖有相當的可用性，但偏於經驗性的主觀預報。

本文嘗試以氣體動力學為基礎，加上熱力學的理論，利用臺北地區地面與高空的觀測資料和太陽能的觀測資料，以客觀方法預測隔日臺北地區的最高溫度。

一、大氣溫度的變化

大氣某一定點溫度的改變以 $\frac{\partial T}{\partial t}$ 表示，而以

$\frac{dT}{dt}$ 表示某一空氣塊到處移動時的溫度改變則：

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla T = \frac{\partial T}{\partial t} + V_h \frac{\partial T}{\partial S} + V_z \frac{\partial T}{\partial Z} \dots \dots \dots (1)$$

其中 V_h 為水平風速

V_z 為垂直風速

$\frac{\partial T}{\partial S}$ 為沿着運動方面的溫度改變率

現在將 $\frac{dT}{dt}$ 分成二部分考慮

$$\frac{dT}{dt} = \left\{ \frac{dT}{dt} \right\}_N + \left\{ \frac{dT}{dt} \right\}_A \dots \dots \dots (2)$$

其中 $\left\{ \frac{dT}{dt} \right\}_N$ 是由非絕熱原因所產生的溫度變化

$\left\{ \frac{dT}{dt} \right\}_A$ 是由絕熱原因所產生的溫度變化

由熱力學第一定律可知，在絕熱條件下：

$$\left\{ \frac{dT}{dt} \right\}_A = \frac{\alpha}{C_p} \frac{dP}{dt} = \frac{\alpha}{C_p} \left\{ \frac{\partial P}{\partial t} + V_h \frac{\partial P}{\partial S} - V_z \gamma_d \dots \dots \dots (3) \right.$$

其中 α 為比容

C_p 為定壓比熱

$\frac{\partial P}{\partial t}$ 為當地壓力變化

$\frac{\partial P}{\partial S}$ 為空氣塊運動方向上的壓力變化

γ_d 為乾絕熱遞溫率

由以上方程式 (1)，(2)，(3) 可得方程式

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \left\{ \frac{dT}{dt} \right\}_N + \frac{\alpha}{C_p} \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\alpha}{C_p} V_h \frac{\partial P}{\partial S} - V_z \gamma_d \dots \dots \dots (4)$$

其中 $\left\{ \frac{dT}{dt} \right\}_N$ 為非絕熱溫度變化

$\frac{\alpha}{C_p} \frac{\partial P}{\partial t}$ 為當地壓力變化

$\frac{\alpha}{C_p} V_h \frac{\partial P}{\partial S}$ 為壓力平流項

(cross-isobaric flow term)

$V_h \frac{\partial T}{\partial S}$ 為溫度平流項
(advective temperature change)

$V_z(\gamma_d - \gamma)$ 為垂直運動項

此方程式包括當地溫度變化的各項因素，因此，若可計算，以上 <1> 至 <5> 項，即可求得當地的溫度變化情形。

二、空氣層的加熱

若考查非絕熱過程的空氣層的加熱

則 $dH = C_p dM dT$

其中 dH 為單位空氣質量所加給的熱量

dM 為空氣質量

假設(1)加熱發生在地面

(2)加熱過程產生不斷向上的絕熱混合，直到上升氣塊與其周圍達到熱平衡

則由靜力方程可得

$$\Delta H = \frac{C_p}{g} \Delta P \Delta T$$

其中 ΔP 為混合層的厚度 (壓力座標)

ΔT 為混合層的平均溫度變化

由此方程式可知，太陽能所供給的熱量，是如何改變空氣層的溫度。

三、有效太陽能

來自太陽的熱量一部分被大氣所反射另一部分穿透大氣到達地面，到達地面的這一部分太陽能，一部分被地面所吸收，另有一部分被地面所吸收。

被地面所吸收的這一部分太陽能，被用做加熱土壤。蒸發地面水汽，和加熱低層大氣。因而可見，真正加熱大氣的熱量僅佔太陽能的一小部分。

為了估計加熱大氣的熱量，必須對以上所說的

(1)大氣反射(2)地面反射(3)加熱土壤(4)蒸發地面水汽

(5)當地太陽能等各項因素加以考慮，由此可得：

$$\Delta H = (1-A)(1-B) \int_{SR}^{SS} I(R_o/R)^2 \sin \alpha' dt$$

其中 ΔH 為大氣中單位面積所加入的能量

A 為大氣反射率

B 為被地面所吸收，却不用以加熱大氣的能量比

即 $B = \frac{\text{(不用以加熱大氣的太陽能)}}{\text{(被地面吸收的太陽能)}}$

I 為太陽常數

$\frac{R_o}{R}$ 為太陽半徑向量

(sun's radius vector)

α' 為太陽的緯度

SR 為日出時刻

SS 為日落時刻

上面所說的五項因素，除了當地太陽能這一項，臺大大氣科學系從民國 62 年開始有觀測資料外，其餘各項都是未曾觀測，因而僅能以估計值做為根據。

四、預報最高溫的實際計算

(1)數量分析 (scale analysis) 可知，在方程式(4)中除了第<1>和第<4>項外，其餘各項均很小可不予考慮。

(2)在考查資料的期間 (64 年 6 月 19 日至 64 年 8 月 24 日) 第(4)項的值均小於 $\pm 1^\circ C$ ，因而在準確性範圍內亦暫不予考慮。

(3)太陽能照射於各地的太陽能，目前臺大的大氣科學系已從民國 62 年 7 月開始觀測、研究，此項資料雖然期間不長，但對於臺灣地區的太陽能為較可靠的依據。

(4)在臺灣地區當天的最高溫經歷年的統計，約發生在當地時間午後 2 時，故在計算時，取此一時間為太陽能增溫的終止時間。

(5) A 值的決定，目前未有準確的依據，因而在計算時，考慮太陽加熱期間，天空的雲量。

取密雲時 A 值為 0.9

裂雲時 A 值為 $0.9 \times \text{雲量}$

(6)另外，地面的反射率隨地面的種類不同而不一樣，通常都市的反射率約為 20% 綠地的反射率約為 25% 等

故再考慮地面的反射率為 20%

綜合(5)(6)兩項，則加熱地面的比率為

$$1-A=0.8 \times [1-(0.9 \times \text{雲量})]$$

(7)加熱地面的太陽能中，僅有一部分為加熱大氣，但此項能量尚牽涉到地面的乾濕程度，尚難以定量考查加以估計

選取的標準乃視前幾天的下雨情形而定。

若有下雨，地面仍濕，則 $1-B$ 取為 0.5

若一連幾天未下雨，地面很乾則取為 0.7

當然，此種選擇有偏於主觀的成分，但亦可行。

(8)再須考慮的所使用的太陽能資料，乃臺大大氣科學系觀測的資料。(表 1)

元 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
302	245	339	405	426	437	516	546	517	383	239	234

表 I：臺北地區各月份之輻射 (臺大大氣科學系觀測資料)
單位：cal/cm².day

由上表可看出

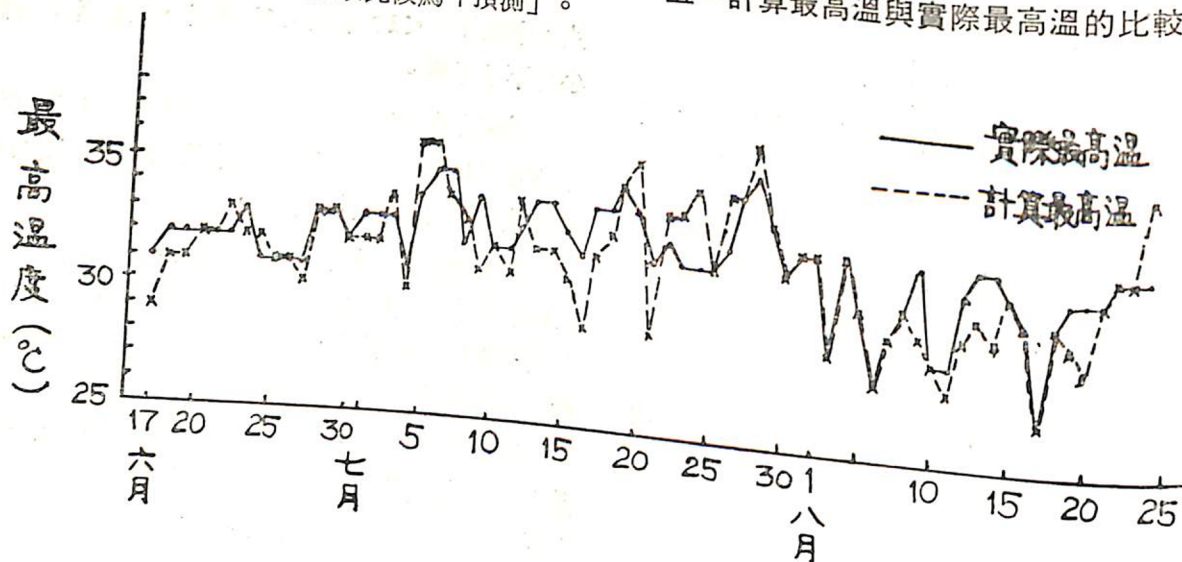
(1) 此種太陽能資料乃每月平均值。

(2) 此種太陽能乃每日全天的量。

月平均當然不能代表當天太陽能的值，但因目前尚未有有效的預測值，只能以此做為「預測」。

考慮最高溫乃考查太陽能加熱至全天最高溫的時刻，故而若以午後二時為產生最高溫時刻，則太陽能供應的時刻約佔全天的 1/3。

五、計算最高溫與實際最高溫的比較



其中，從七月十二日以後的觀測最高溫與實際最高溫偏差較大，約在 2 到 3°C 之間，主要可能是該時期下雨較頻繁，地面較濕，而以前些時候調整出的 B 值計算可能不適用，若加以適當調整，則準確性必更高。

故最大問題，仍須先確定臺北地區，各種天候狀況下的 A 值與 B 值。

六、結 論

本文以氣體動力學為基礎，嘗試以客觀方法預測臺北地區的最高溫度。

所得結果甚為樂觀，若其中主觀因素，如大氣反射率，大氣吸收率，甚至每天太陽能預報等，能再加以進一步探討，得到更準確資料，則此方法必可提供準確的當地最高溫度預測值。

× × × × × ×
本文蒙劉課長廣英指導，與提供資料，謹此致謝。

參 考 資 料

臺灣地區輻射能收支之研究 (林琚三)