

# 臺灣地區月平均日射量分布之研究\*

林 憲 德<sup>1</sup>      蘇 瑞 泉<sup>2</sup>

## 摘 要

為配合臺灣區建築物物理環境計畫上需要，本研究探討臺灣各地逐月平均日射量的簡單推算法，並繪製臺灣區日射量分布圖以供研究者的參考。經國內外既往研究的分析，本研究決定採用泛用性較高的日本吉田回歸方程式來推算國內逐月平均日射量。再經臺北、臺中、臺南、高雄、花蓮、臺東等六地實測日射資料分析的印證，得知此式的推算值與實測值的相關係數高達0.96~0.75，可謂信賴度甚高之推算法。利用此推算法推算全臺灣75觀測點的逐月日射量，並繪製成臺灣區逐月日射量分布圖。從這些分布圖，檢討臺灣區日射量的分布特性，最後還提出本研究內容的使用限制，及本研究成果的檢討。

## 一、研究目的

日射量數據在建築環境計畫上非常有用。譬如建築物外部遮陽計畫，建築物空調熱負荷計算，太陽能系統評估等方面，如果沒有當地的日射量資料，則無法合理地將研究結果定量化，以求客觀的計畫。但是到目前為止，臺灣的建築界尚無人對本地日射量做過定量化的研究，同時由於中央氣象局以往的日射量實測資料，因機械性原理有誤差，使得本省日射量數據至今尚無所依據。曾有一部分學者利用外國同緯度的日射量數據做為國內的依據，但是由於國內外雲量、濕度等氣象條件迥異，使得這些替代性的日射量數據與本地的實際情況發生誤差，更導致誤用此數據的研究結果產生偏差。有鑑於這些問題點，本研究針對中央氣象局和民用氣象站之最新日射量和日照率的實測資料做分析，以統計方法求出可信賴的各站的日射量數據。同時為了建築界在環境計畫上讀取數據的方便，特將這些日射量數據標於臺灣地圖上，並繪製成分布圖。希望提供有關臺灣地區日射量數據的參考依據。

## 二、有關日射量推算的既往研究

最理想的日射量數據是於當地藉由日射計精確地實測而得。但是由於氣象單位之觀測地點有限，

使得其他多數地區無法獲得實測日射資料。同時在這些少數設有日射測量儀器的地點，氣象單位為更新所使用的日射測量儀器，由於新舊儀器間的測量精確度不一致，使其實測數據的實用性減低。同時日射測量儀器在使用上，如果沒有謹慎維護和定期校正也會發生嚴重的誤差。因此國內外學界常希望能由其他可靠的氣象變數來推算日射量數據或許較為可靠。1924年 Angström 曾提出利用大氣外全天日射量  $Q_0$  與日照率  $n/N$  來推算全天日射量的學說(文獻1)，他的推算方程式後來被改寫如下：

$$\hat{Q} = (a + b n/N) Q_0 \dots \dots \dots (1)$$

其中

$\hat{Q}$ : 月平均水平面全天日射量推算值  
[W. H/m<sup>2</sup>]

$Q_0$ : 月平均大氣外全天日射量 [W. H/m<sup>2</sup>]

a, b: 常數 [-]

$N, n$ : 當地的日照時間與實在日照時間 [h]

此式中的 a, b 係數依照當地的雲量、濕度、空氣污濁程度等氣候狀而異，通常可由長期實測的  $n/N$  值與日射量  $Q$  值，並利用回歸分析而得。日照數據  $N, n$  的實測較為單純，其實測數據通常較日射量數據  $Q$  具有較高的信賴度，所以如果當地沒有  $Q$  實測值時，常可由式(1)來推算。

到目前為止，國內以此推算有關臺灣地區日射

\* 收稿日期：75年3月20日    送審日期：75年3月24日    修正日期：75年5月8日

1 成功大學建築系副教授、日本東京大學工學博士    2 成功大學建築研究所研究生

量的既往研究狀況可如〔表一〕所示。此外，日本的吉田氏也根據日本、琉球附近的日射量數據統計出下列回歸方程式來推算日射量（文獻5）：

$$\hat{Q} = (0.146 + 0.534 \ n/N + 0.047G_{10} + 0.036 \sin h)Q_0 \dots\dots\dots(2)$$

其中：

G<sub>10</sub>：該月積雪 10cm 以上的日數比例〔-〕

h：該月15日南中時太陽高度〔°〕

### 三、研究方法

#### 3.1 本研究所採用的日射量推算法

以上各研究者的推算式各有其優缺點。〔表一〕中的優點在於使用國內實測氣象資料，故其統計出來的結果的可信度較高，但其缺點在於適用地區太狹隘（因其推算式只採用一個地點的數據做成），不適於研究日射量在臺灣地區分布狀況的依據。相反地，式(2)的吉田推算式的缺點在於採用國外地區的資料做成，尙未知可否適用於國內，但由於其所採用的原始日射數據包括由北緯 44°56' 至 24°18' 的 39 個地點，且統計期間多達 15 年到 30 年之長(5)，所以不但信賴度較高（相關係數 r = 0.965）且較適用於大地區的比較研究。我們如能證明出吉田式（式 2）也適用於臺灣地區的話，便可總和上述優點，而合理地使用它來估算臺灣地區的日射量分布情形。

如果利用式(2)來估算臺灣地區的日射量，由於式中積雪日數比例 G<sub>10</sub> 在臺灣皆為零，故可改寫成下面形式（其中 a、b、c 皆為常數）。

$$\hat{Q} = (a + b \ n/N + C \sin h)Q_0 \dots\dots\dots(3)$$

#### 3.2 本推算法與既有推算法之推算精度比較

爲了證明式(3)是否適用於臺灣地區的情況，以下用相同的實測數據來分析比較它與國內既有推算法之推算結果。〔表一〕中以式(1)來發展的國內研究例中，黃氏的推算式具有最高的推算精度，其於臺北市的推算式之相關係數（r）已高達 0.9373。如可證明式(3)應用於臺北市的情況亦可達相同程度之精度，則可充分說明式(3)亦可適用於臺北。以下採用 1975 至 1984 年中央氣象局在臺北市的月平均日射量 Q 和月平均日照率 n/N 的實測值（Q，n/N 各 120 個數據）來分析式(1)和式(3)的信賴度。分析中所採用的大氣外全天日射量 Q<sub>0</sub> 由〔表二〕（取自文獻 6）所列的數據和各測點所在的緯度，以內插法求得。〔表三〕所示的是，應用重回歸分析將

式(1)和式(3)用於推算臺北市日射量的情況。由此表中式(1)，式(3)的相關係數幾乎達相同大小的程度，而且在 1975 至 1980 期間，〔表三〕的相關係數（約 0.92）與〔表一〕中幾乎同期（1974~1980）的相關係數 0.9373 同具最高推算效果，因此可證明兩個推算式應用於臺北都具有大致相同的信賴度，同時也證明了吉田氏的式(3)與國內既有的黃氏推算式具有相同的精度。

#### 3.3 本推算法應用在國內各地的可信度

接著，爲了證明本推算法在臺灣地區的泛用性，以下將以臺灣各大都市的實測數據來印證其推算的精度。根據吉田氏統計出來的式(2)改成適用於臺灣的式(3)形式的話則呈下式：

$$\hat{Q} = (0.146 + 0.534 \ n/N + 0.036 \sin h)Q_0 \dots\dots\dots(4)$$

以下將臺北、臺中、臺南、高雄、花蓮、臺東六地的月平均 n/N 實測值代入式(4)，求出日射量推算  $\hat{Q}$ ，然後與同一統計期間的逐月平均日射量 Q 做比較。式(4)應用在此六地和其回歸方程的相關係數 r (r<sup>2</sup> = 1 - Σ(Q -  $\hat{Q}$ )<sup>2</sup> / (Σ(Q -  $\hat{Q}$ )<sup>2</sup> + Σ( $\hat{Q}$  -  $\bar{Q}$ )<sup>2</sup>))，其中  $\bar{Q}$  爲 Q 之 12 個月平均值) 以及各地日射資料的統計期間如圖一至圖六所示。由此可知式(4)在臺北、臺南兩地具有極高的精度（r = 0.9687, 0.9171），在臺中、花蓮兩地亦頗具信賴度（r = 0.8399, 0.8219），在臺南、高雄、臺東兩地雖然效果稍爲不佳（估測值稍爲偏小），但 r 亦達 0.7602 至 0.7505 高。

上述結果說明了式(4)適用在臺灣各地雖然具有高程度的可信度，但各地却具有不同的推測精度。亦即式(4)尚無法完全掌握各地日射量微氣候的特質，使得式(4)在臺灣各地難免具有不同程度的誤差。除了式(4)本身的問題之外，上述採用的日射量資料在各地因維護、儀器上的出入，而使此誤差擴大的情況亦非不可能。今後如欲減少式(4)在各地的誤差，可考慮增加其他足以掌握地方微氣候的說明變數，同時也應進一步地採用更新、更可靠的日射資料來重新檢討。

雖然式(4)尚不能掌握某些地方（如高雄、臺東）的微氣候現象，然而，本研究目的以建築計畫上大氣候的比較研究爲目的，式(4)在各地的推算值雖有些誤差，但並無礙於此目的，因此筆者仍以此式來作推算臺灣各地的日射量分布情況。採用此式的

理由，總合上述可再簡單地歸納如下幾點：

- (1)本式原為北緯 44° 至 24° 範圍之統計，其泛用性大，較適於臺灣全省大地理區的比較研究。
- (2)本式的精度比國內既往研究之推算高，且經臺北、臺中、臺南、高雄、花蓮、臺東六地實測資料的印證，相關係數高達0.96~0.75。
- (3)本式在各地雖有不同之誤差，但無礙於本研究大氣候區比較的目的。
- (4)本省各地日射實測值缺乏，且含有機器與人為誤差，以本式來推算各地日射量不但可減少此誤差，且可在許多有日照率測量的地點獲得高信賴度的日射數據。

#### 四、臺灣地區各地日射量的推算及其分布區之繪製

以下利用式(4)來推算臺灣地區逐月日射量分布的情況。筆者目前所收集到的國內各氣象站的日照時間  $n$  實測資料和其統計期間如〔圖七〕所示，其中屬於中央氣象局的公營氣象站共有19站，各單位所屬民用氣象站共有56站。公營氣象站所用的平均日照時間資料，為 1975~1984 之10年平均數據，民用氣象站則因早期資料缺乏，只採用1982至1984的3年平均值。推算時，可照時間  $N$  以每月15日為基準，太陽高度  $h$  以15日之南中時為準。為了檢討日射量在全島的分布狀況，將上述75點的逐月平均日射量推算值填入分布地圖上後，再以適當間隔的等值線繪製成分布圖。其中1、4、7、10月和全年平均的日射量分布圖如〔圖八〕至〔圖十二〕所示，其中14個重要公營氣象局的日射量推算值列於〔表四〕以供參考。筆者在繪製這些分布圖時，遵守下列原則：

- (1)因公營氣象站資料的統計期間比民用氣象站長，日射量等值線以公營氣象站為主要參考。民用氣象站的推算值如與鄰近的公營氣象站數據有大差距時，則修正其數值使之接近公營氣象站。
- (2)測站稀少的地區，等值線的變化情形參照〔文獻7〕的臺灣區日照時數逐月分布圖的變化趨勢繪成。
- (3)地勢變化多的山區附近的等值線分布，參照

相關等高線地圖所示地形與周圍數值變化的關係，儘量繪出配合地形變化的分布。

- (4)山區內測點因其周圍地形變化複雜而難以掌握，如其推算值與臺灣全區分布趨勢有明顯差異，因其不具附近地區代表性，同時為了顧及整體合理性之理由，將此特異值忽略。

#### 五、臺灣地區日射量分布之檢討

觀察〔圖八〕至〔圖十二〕的日射量分布圖，可得到下列心得：

- (1)全年中西南海岸平原地區的日射量普遍比北部和東部的平原和盆地區大。
- (2)山區（尤其是偏東的山區）的日射量全年中普遍比平地地區小。
- (3)全年日射量較大的區域分布在新竹以南的西海岸平原地區，尤其以雲林、嘉義、臺南附近海邊和恒春半島最大。
- (4)在全省的平地之中，臺北、基隆、宜蘭等東北部平原地區的日射量較小。

造成上述結果的原因，因無其他相關資料可供分析，所以無法下定論，但筆者認為可能是雲量和空氣中水蒸氣量的不同所造成。更詳細的分析，有待後繼者完成。

此外，這些分布圖具有下列使用上的限制，希望使用者留意。

- (1)本分布圖的測點有限，且繪製時難免在測點稀少地區介入某程度的揣測，同時，如 3.2 所述，本研究所採用的日射量推算法在各地有不同誤差。因此本分布圖較適於處理巨視觀點上各地理區的相對比較，至於處理微氣候等微視觀點上的定量研究時，則較不恰當。
- (2)本分布圖上的數據較具長期平均值特性，與每年實測值之間較有差異。同時由於統計期間不盡相同，因此各測點間難免具有一些誤差。希望將來採用更多、更新、更長期的可信資料，重新繪製此分布圖。
- (3)由於測點多分布于平地，所以測點稀少的山區的分布狀況不得不藉助於其他相關資料（如地形）來揣測，因此山區的數據誤差可能較平地大。

### 六、本研究的成果

本研究的成果可歸納如下：

- (1)如(三)所述，本研究提供了一個高精度的逐月平均日射量推算法。
- (2)本研究繪製了臺灣地區逐月平均日射量的分布狀況，可進一步配合其他氣候條件，探討臺灣區氣候分區狀況。
- (3)太陽能利用，建築耗能、遮陽設計、敷地計劃等相關研究者，可從本研究的分布圖和表格上讀取較可靠的日射量數據，以進行較合理的定量性研究。

最後，本研究感謝中央氣象局在資料上的協助。

### 參 考 文 獻

1. Angström A, "Solar and Terrestrial Radiation" Q. J. R. M. S. Vol 50 (1924)
2. 顏俊士，「臺灣各地日射量估計問題」大氣科學第一期 (1974)。
3. 唐榮澤，「臺南地區日射量之分析」氣象學報25卷第2期 (1974, 6)。
4. 黃國禎、徐森雄「臺灣地區日射與日照關係之初步探討」氣象學報28卷第1期 (1982. 3)。
5. 吉田作松，「エネルギーシステムの研究 (氣象調査)」，日本氣象協會報和書 (1977. 3)。
6. 「新編農業氣象ハンドブック」 p837、日本養賢堂(1974)。
7. 郭文鏞「臺灣農業氣候區研究」 p154~166 中央氣象局 (1978)。

表1 臺灣各地日射與日照關係之研究結果

Table 1 The relationship between solar radiation and sunshine duration around Taiwan

研 究 者	推算式中係數		相 關 係 數 r	適用地區	所 日 採 用 之 器 射 儀	統 計 期 間
	a	b				
顏 俊 士 (文獻2)	—	—	—	臺 北	Robitzsch	1961~1970
	—	—	—	花 蓮	"	"
	—	—	—	宜 蘭	"	"
唐 榮 澤 (文獻3)	0.2745	1.0665	0.9041	臺 南	熱 電 偶 式	1976~1977
黃 國 禎 徐 森 雄 (文獻4)	0.1974	0.5625	0.9373	臺 北	熱 電 偶 式	1974~1980
	0.2028	0.5786	0.8524	臺 中	"	"
	0.1982	0.8146	0.9711	花 蓮	"	"
	0.2004	0.2018	0.7780	嘉 義	Robitzsch	"
	0.1853	0.6153	0.7504	臺 南	熱 電 偶 式	"
	0.2686	0.6550	0.9565	臺 東	"	"
	0.3222	0.5535	0.9056	高 雄	"	"
	0.2866	0.5543	0.9420	恒 春	"	"

表2 推算日射量時所採用的大氣外日射量  $Q_0$

Table 2 The possible total short wave solar radiation adopted by the simplified estimation method [單位: cal/cm<sup>2</sup>-day]

緯 度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25°	463	552	640	710	754	768	760	719	653	572	482	431
20°	511	590	630	710	740	750	743	716	673	608	530	484

表3 式(1)與式(3)應用於推算臺北市日射量的結果  
 Table 3 The accuracy of the monthly solar radiation in Taipei predicted from equation (1) and equation (3)

推算式形式	常 數			相 關 係 數	統 計 期 間
	a	b	c		
式 (1)	0.1742	0.5971	—	0.9209	1975~1980
式 (3)	0.2220	0.6182	-0.0631	0.9299	
式 (1)	0.1739	0.6555	—	0.8606	1975~1984
式 (3)	0.1666	0.6524	9.4872	0.8607	

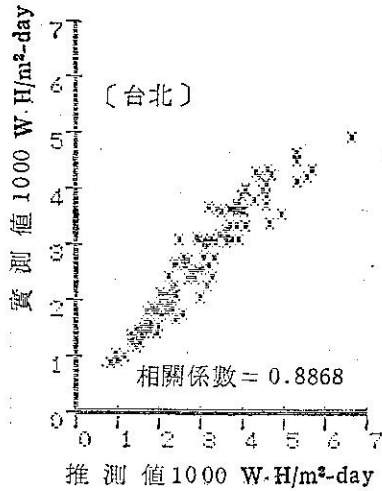


圖1 式(4)的臺北推算值與實測值的比較 (統計期間1975~1984)  
 Fig. 1 The comparison between the observed data and the predicted data of equation (4) (in Taipei)

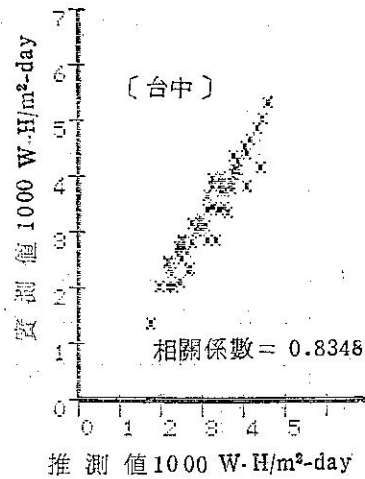


圖2 式(4)的臺中推算值與實測值的比較 (統計期間1980~1984)  
 Fig. 2 The comparison between the observed data and the predicted data of equation (4) (in Taichung)

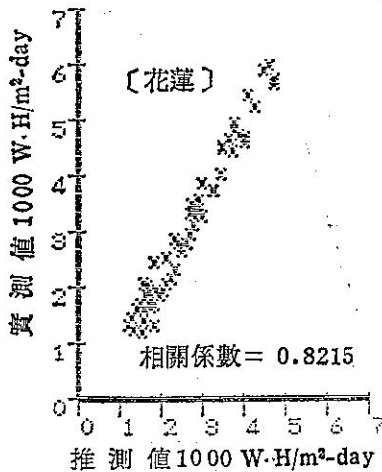


圖3 式(4)的花蓮推算值與實測值的比較 (統計期間1980~1984)  
 Fig. 3 The comparison between the observed data and the predicted data of equation (4) (in Hualien)

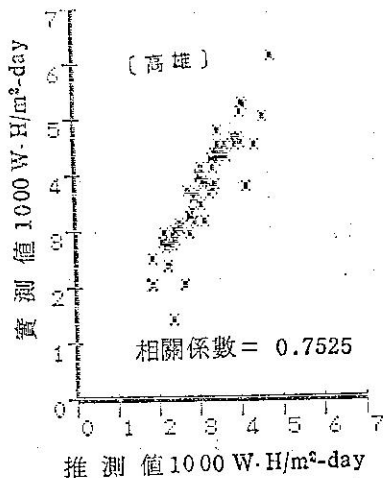


圖4 式(4)的高雄推算值與實測值的比較 (統計期間1980~1984)  
 Fig. 4 The comparison between the observed data and the predicted data of equation (4) (in Kaohsiung)

表四 臺灣各地月平均日射量推算值

Table 4 The predicted data of monthly solar radiation in Taiwan

單位：W.H/m<sup>2</sup>-day

地 點	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年平均
基隆	1438.1	1713.5	1874.4	2536.5	2557.5	2951.6	3999.2	3686.3	3084.6	2284.8	1391.6	1310.6	2402.4
臺北	1683.8	1945.5	2102.3	2792.3	2777.6	3157.5	3975.9	3674.8	3404.3	2608.7	1744.1	1631.3	2624.8
新竹	1890.7	2126.1	2269.4	3047.2	3084.5	3745.1	4517.5	4012.9	3719.4	3214.5	2297.8	1954.4	2990.0
臺中	2435.8	2575.2	2978.7	3528.1	3346.8	3635.3	4207.5	3665.9	3703.0	3233.5	2524.5	2304.9	3178.3
花蓮	1563.4	1835.0	2181.2	2749.6	2902.2	3554.2	4497.2	3880.7	3334.9	2566.2	1708.5	1461.1	2686.2
日月潭	2448.2	2582.4	2661.8	3018.9	2959.2	3155.9	3614.9	2973.9	2954.6	2776.9	2406.9	2336.2	2824.2
阿里山	2501.8	2677.8	2913.9	3284.3	2819.2	2945.9	3236.9	2674.5	2705.3	2702.2	2498.7	2365.6	2777.2
嘉義	2307.0	2506.9	2765.9	3346.4	3270.1	3615.8	4037.3	3457.1	3579.6	3000.5	2368.9	2265.1	3043.4
臺南	2677.9	3040.1	3456.2	3952.6	3806.5	3904.1	4343.8	3729.9	3896.6	3369.1	2723.3	2475.1	3447.9
臺東	1879.9	2127.6	2473.6	3204.8	3256.1	3692.9	4493.5	3597.2	3443.7	2900.2	2021.6	1748.7	2903.3
高雄	2447.2	2844.7	3169.8	3757.5	3764.3	3786.8	4080.3	3444.7	3364.3	2929.5	2431.0	2229.0	3187.4
恒春	2664.2	3132.7	3741.2	4221.5	3999.4	4021.1	4466.0	3789.6	3793.2	3448.2	2784.9	2425.6	3540.6
宜蘭	1524.4	1844.9	2166.9	2710.4	2766.7	3272.2	4204.4	3817.1	3220.7	2345.7	1469.9	1376.6	2560.0
大武	1990.4	2277.1	2954.6	3540.8	3395.7	4170.0	4460.1	4160.9	3586.7	3137.3	2298.1	1836.1	3150.7

統計資料：1975~1984年氣候資料年報

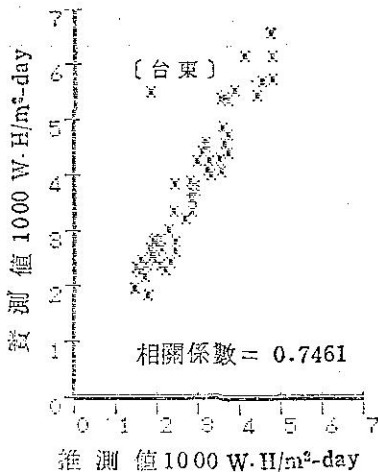


圖5 式(4)的臺東推算值與實測值的比較 (統計期間 1980~1984)

Fig. 5 The comparison between the observed data and the predicted data of equation (4) (in Taitung)

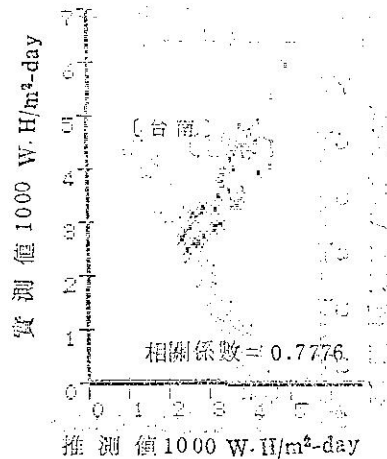


圖6 式(4)的臺南推算值與實測值的比較 (統計期間 1980~1983)

Fig. 6 The comparison between the observed data and the predicted data of equation (4) (in Tainan)

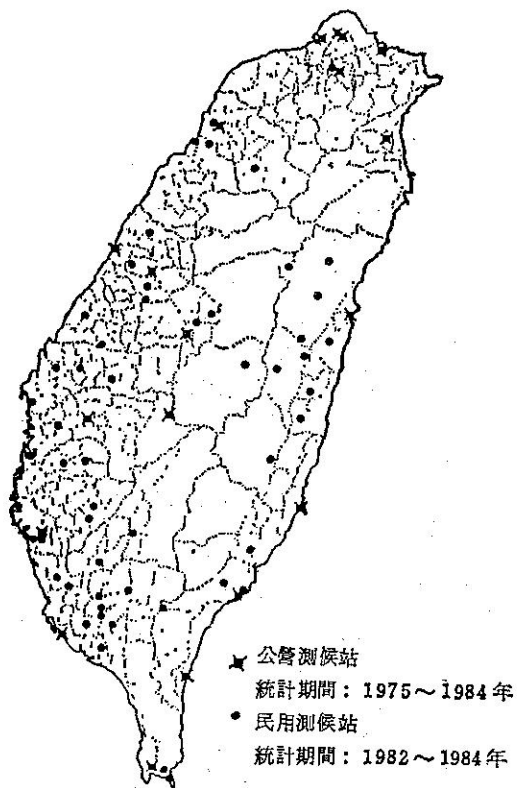
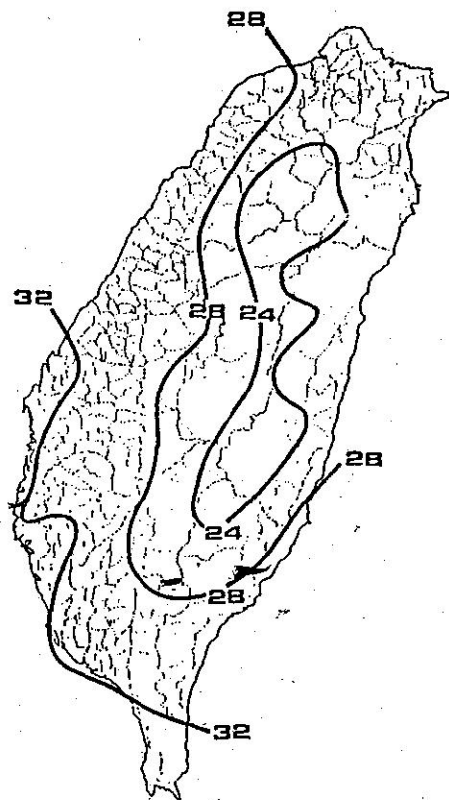


圖7 本文採用之氣象測站分布圖

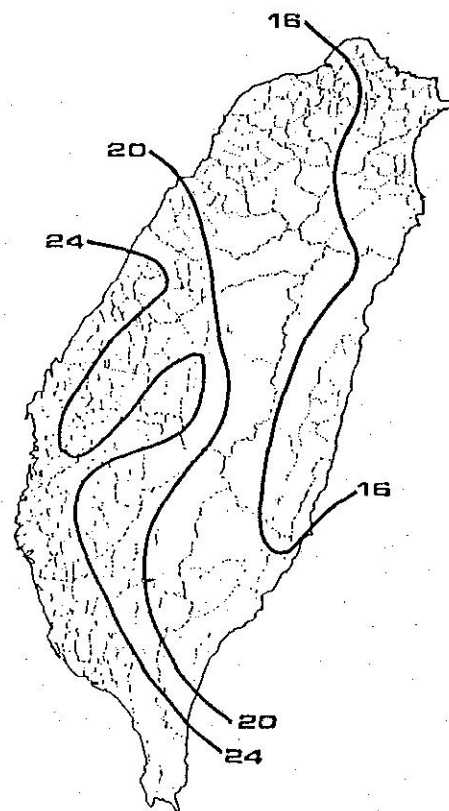
Fig. 7 The weather stations adopted in this paper



單位：100 W. H/m<sup>2</sup>-day

圖8 年平均全天日射量分布圖

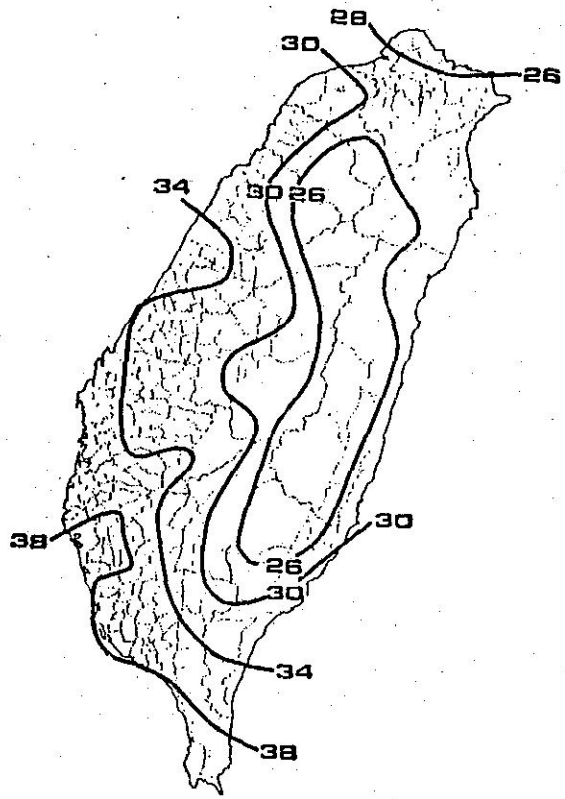
Fig. 8 The distribution map of annual average solar radiation



單位：100 W. H/m<sup>2</sup>-day

圖9 一月全天日射量分布圖

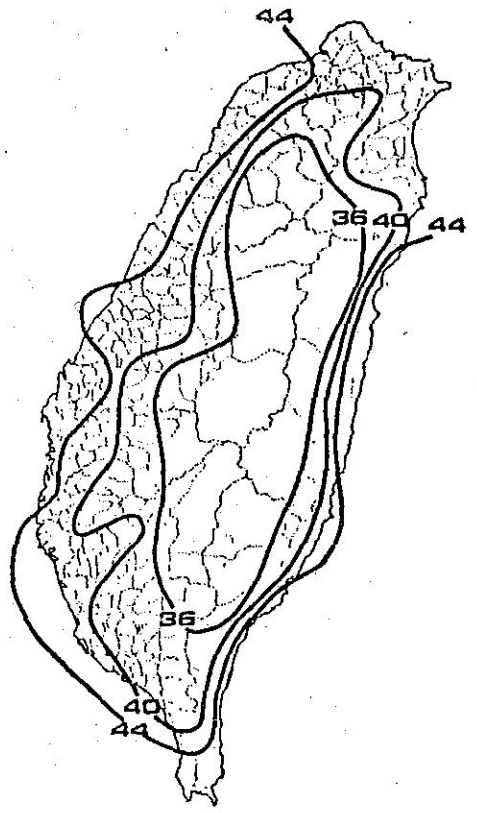
Fig. 9 The distribution map of monthly solar radiation (January)



單位：100 W. H/m<sup>2</sup>-day

圖10 四月全天日射量分布圖

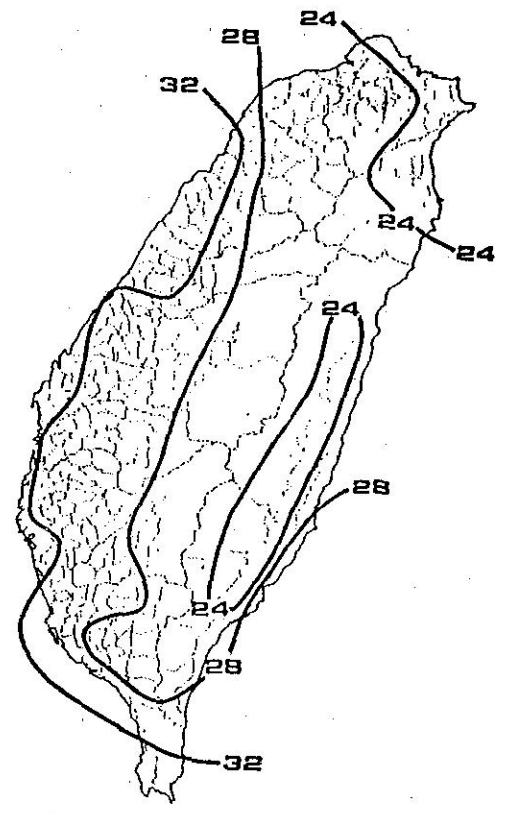
Fig. 10 The distribution map of monthly solar radiation (April)



單位：100 W. H/m<sup>2</sup>-day

圖11 七月全天日射量分布圖

Fig. 11 The distribution map of monthly solar radiation (July)



單位：100 W. H/m<sup>2</sup>-day

圖12 十月全天日射量分布圖

Fig. 12 The distribution map of monthly solar radiation (October)



# A Study on the Distribution of Monthly Solar Radiation in Taiwan

*Hsien-Te Lin*

Associate professor of the  
Department of Architecture,  
National Cheng Kung University

*Ruey-Chyuan Su*

Masteral student of Graduate  
School of Architecture, National  
Cheng Kung University

## ABSTRACT

This paper develops a simplified estimation method of monthly solar radiation and establishes the distribution maps of monthly solar radiation for the purpose of physical environment design of architecture in Taiwan. Through the analysis of various methods used in Taiwan and Japan, the Yoshida's regression equation is decided to be used for predicting the monthly solar radiation in Taiwan. With the evaluation of the observed solar radiation data in 6 cities, Taipei, Taichung, Tainan, Kaohsiung, Haulien, Taitung, this equation is verified to have high correlation coefficients (0.96~0.75) between the observed and the predicted data, and to be a good estimation method of high accuracy. Furthermore, the predicted data of monthly solar radiation in 75 weather stations are obtained by using this equation and the distribution maps of monthly solar radiation in Taiwan area are established. From these maps, the distribution characteristics of solar radiation in Taiwan are discussed. Finally, the limitation of these distribution maps and solar data obtained here and the evaluation of this paper are also mentioned.