

歐洲中期預報中心模式
在預測熱帶氣旋的表現

鄭楚明

皇家香港天文台

提要：

作為天氣預報員，其中一項重要的任務，便是準確地預測熱帶氣旋的路徑，以預早作出警告，減低熱帶氣旋所帶來的損失。隨著科技的發展，電腦模式的預測，已成為預報員的重要參考資料。

本文選取了九一年的十二個熱帶氣旋，分析歐洲中期預報中心 (ECMWF) 的模式，在預測該等熱帶氣旋的路徑方面的表現。

一. 前言

衆所周知，熱帶氣旋的來臨，往往造成巨大的破壞及人命的傷亡。故此，預測熱帶氣旋的移動，便成為天氣預報員其中一重要的工作。而準確的預測，便能提早作出警告，讓社會各階層人士做好防避，減低熱帶氣旋所帶來的損失。

在過往，研究人員不斷努力，對影響熱帶氣旋移動機制的研究，已取得一定的成果。從這些成果當中，得出各種類的客觀預測方法 [1, 2, 3]，方便天氣預報員對熱帶氣旋的未來路徑作出預測。隨著科學及技術的不斷改進，先進的電子計算機已擁有相當強大的計算功能，而作天氣預測的電腦模式亦得以發展及改進。

歐洲中期預報中心 (ECMWF) 的電腦模式，過去曾作多項的改進，而在本年九月十七日起，更推出最新的 T213 模式 [4]，取代舊有的 T106 模式，作業務上的運作。

對於舊的 T106 模式，在九〇年的熱帶氣旋的路徑預測的一些表現，已經有文章作出報導 [5]。本文選取了本年九月十七日前

的十二個熱帶氣旋，分析舊的 T106 模式在路徑預測的一些特色，以便將來，可與新的 T213 模式作出比較。

二、分析對象

本文的分析對象，是在本年初至九月十六日期間，影響西北太平洋的十二個熱帶氣旋，其中包括：（括弧內為熱帶氣旋編號）

莎朗	SHARON	(9101)	三月
和路迪	WALT	(9104)	五月
容雅	YUNYA	(9105)	六月
澤奇	ZEKE	(9106)	七月
艾美	AMY	(9107)	七月
布倫登	BRENDAN	(9108)	七月
潔蓮	CAITLIN	(9109)	七月
艾莉	ELLIE	(9110)	八月
法雷德	FRED	(9111)	八月
喬爾	JOEL	(9116)	九月
金娜	KINNA	(9119)	九月
路加	LUKE	(9120)	九月

至於一些熱帶氣旋如雲妮莎 (VANESSA 9103)，

則因強度較弱，而 ECMWF 模式，並未能分析或預測其位置，因沒有被包括在上列中。另一方面，上列中最後的路加 (9120)，由生成至消失過程中，跨越了九月十七日，而只有在九月十六日或以前，ECMWF 模式對其的預測，才被納入本文作分析。

三. 分析內容

對於前述的各個熱帶氣旋，首先搜集了以下的各項資料：

- (i) 香港皇家天文台的警告位置 (以下以 R0 作表示)，
 - (ii) ECMWF 模式所分析的位置 (E0)，
 - (iii) ECMWF 模式所作的二十四小時預測位置 (E1)，
 - (iv) ECMWF 模式的四十八小時預測位置 (E2)。
- 及 (v) ECMWF 模式的七十二小時預測位置 (E3)。

當中 (ii) 至 (v) 項的位置，是從 ECMWF 模式的分析圖或預報圖中的網格點資料，用內插的方法求出。而為了方便作比較，只利用了每天 12 UTC (世界協調時) 的警告，分析或

預測的位置。

對於每一熱帶氣旋，根據其強度，可作下列的分類：（括弧內為最高中心風力， v ）

- (a) 低壓 ($v < 22$ 海里/小時) 及
熱帶低壓 ($22 \leq v \leq 33$ 海里/小時)
— 以 LOW + TD 為記，
- (b) 熱帶風暴 ($34 \leq v \leq 47$ 海里/小時) 及
強烈熱帶風暴 ($48 \leq v \leq 63$ 海里/小時)
— TS + STS，
- (c) 颱風 ($v \geq 64$ 海里/小時) — TY，
- (d) 所有熱帶氣旋，包括低壓 — ALL。

值得注意，這裏所指的低壓，只包括在未來發展成熱帶低壓前的低壓區。

基於上面的四個分類，可以計算出各分類以下的各項結果：

- (1) ECMWF 模式的分析位置，相對於天文台的警告位置的偏差（以 ED-RC 為記）：
這項指示 ECMWF 模式在分析上的系統誤差，

- (2) ECMWF 模式的二十四小時預測位置，
相對於其分析位置的誤差 ($E1-E\phi$),
- (3) ECMWF 模式的四十八小時預測位置，
相對於其分析位置的誤差 ($E2-E\phi$),
- (4) ECMWF 模式的七十二小時預測位置，
相對於其分析位置的誤差 ($E3-E\phi$)。

以上各項誤差，再可細分為：

- 誤差距離 (s_s)
- 緯度誤差 (s_θ)
- 經度誤差 (s_ϕ)。

為簡化計算，誤差距離 (s_s) 近似地表達
成

$$s_s \approx (s_\theta^2 + s_\phi^2)^{\frac{1}{2}}$$

四. 分析結果及討論：

根據上述的程序，可以獲得如下的統計結果。(圖表一)。

圖表一：九一年中十二個熱帶氣旋的統計結果
(符號的含意，請參閱文中的敘述)

	LOW + TD			TS + STS			TY			ALL		
	平均	標準差	次數	平均	標準差	次數	平均	標準差	次數	平均	標準差	次數
E ϕ -R ϕ :												
緯度誤差 $s\theta$ (度)	1.22	1.78	9	0.03	1.18	23	0.15	0.95	17	0.29	1.32	49
經度誤差 $s\phi$ (度)	-0.73	1.38	9	0.05	1.04	23	-0.40	0.47	17	-0.25	1.01	49
誤差距離 s_s (度)	2.42	1.11	9	1.26	0.94	23	0.92	0.67	17	1.36	1.04	49
E1-E ϕ :												
$s\theta$ (度)	-0.33	0.39	7	-0.37	1.19	23	0.30	1.10	16	-0.13	1.12	46
$s\phi$ (度)	0.11	0.64	7	-0.00	2.34	23	0.42	0.96	16	0.16	1.78	46
s_s (度)	0.76	0.32	7	1.98	1.76	23	1.30	0.85	16	1.56	1.42	46
E2-E ϕ :												
$s\theta$ (度)	0.16	0.70	5	-0.77	2.27	18	-0.07	2.33	16	-0.36	2.19	39
$s\phi$ (度)	3.14	1.95	5	-0.09	3.02	18	0.79	2.13	16	0.68	2.76	39
s_s (度)	3.28	1.84	5	2.57	2.88	18	2.70	1.82	16	2.71	2.38	39
E3-E ϕ :												
$s\theta$ (度)	-0.15	1.65	4	0.86	1.44	11	-0.26	2.93	13	0.20	2.34	28
$s\phi$ (度)	2.25	3.51	4	0.32	2.74	11	2.70	3.05	13	1.70	3.21	28
s_s (度)	4.19	1.59	4	2.74	1.71	11	4.16	2.81	13	3.61	2.38	28

另外，圖一至十六分別顯示下面各種情況：

圖：	分類*	內容*
一	ALL	ECMWF 模式的分析位置相對於 天文台警告位置的誤差 ($E\phi - P_0$)
二	LOW+TD	
三	TS+STS	
四	TY	
五	ALL	ECMWF 模式的二十四小時預測位置 相對於其分析位置的誤差 ($E1 - E\phi$)
六	LOW+TD	
七	TS+STS	
八	TY	
九	ALL	ECMWF 模式的四十八小時預測位置 相對於其分析位置的誤差 ($E2 - E\phi$)
十	LOW+TD	
十一	TS+STS	
十二	TY	
十三	ALL	ECMWF 模式的七十二小時預測位置 相對於其分析位置的誤差 ($E3 - E\phi$)
十四	LOW+TD	
十五	TS+STS	
十六	TY	

(* 符號的含義，請參考文中敘述)

在各圖當中的數字，代表該月的日數。如圖十七中在 09 旁的符號，是代表五月十七日，世界協調時十二時，和路迪 (9104) 的位置。

從上列結果及個別情況的分析後，可以看得列以下 ECMWF 模式在預測上的特點：

1. 整體而言，ECMWF 模式在預測的表現，並不太穩定。以圖十八的艾美 (9107) 為例，圖中的圓圈 (○) 代表 ECMWF 模式的分析位置，而交叉 (x) 則為二十四小時的預測位置，三角形 (△) 為四十八小時的預測位置。可以看到，七月十八及十九日的預測相當不錯。對於七月十八日之二十四小時預測，以及七月十七日之四十八小時預測，兩者皆非常接近天文台的警告位置 (○)。所以在這情況，ECMWF 模式的表現相當好。但另外方面，以圖十九的潔蓮 (9191) 為例，ECMWF 模式分析的路徑，顯示潔蓮於七月二十六及二十七日，在沖繩島附近轉向北方移動。但在七月廿五日，ECMWF 模式卻預測潔蓮會折向並加速向東北移動，結果在七月二十五日的四十八小時及七十二小時預測，相對於分析的位置相距大至六到八個緯度。故此，ECMWF 模式在此情況下卻表現得不太理想。
2. 圖二十二中，金娜 (9119) 的分析位置跟預測位置，剛與潔蓮的情況相反。ECMWF 模式的分析結果，表示金娜於九月十三日，以很高的速度轉

向並加速走向東北，而在九月十二日的二十四小時及四十八小時預測，則較分析的路徑慢。而九月十二日之四十八小時預測位置，跟九月十四日之分析位置，相距達十三個緯度之大，因此不論一個熱帶氣旋的轉向速度及幅度大與小，ECMWF模式的預測誤差，均可以很大。

3. 由表一可看出，在 EP-RO 的類別中，平均誤差距離 (\bar{S})，跟熱帶氣旋的強度成反比。亦即是說，氣旋強度越大，則平均誤差距離較小。從圖二至四可看到，圖二 (LOW+TD) 中的點較鬆散，表示誤差較大。而圖三 (TS+STS) 中的點較緊密，而圖四中的點最為接近源點，顯示平均誤差最小。
4. 同樣在 EP-RO 的類別中，經度的平均誤差 ($\bar{\phi}$)，大多數少於零，換句話說，ECMWF 模式的分析位置，大多走在天文台的警告位置以西。從圖十七和路迪 (914) 的情況來說，圖中 ECMWF 模式的分析位置 (x)，多數落在天文台警告位置 (o) 以西的地方。另外從圖一中，落在零度誤差經度以西的點 (31個)，較以東的 (19個) 為多，這同樣表示 ECMWF 模式的分析位置，多落在天文台的警告位置以西。

5. 普遍情況下，ECMWF 模式的預測位置相對於其分析位置的誤差距離，隨著預測時效的增加而增大。比較圖五、九及十三，容易看到圖五的二十四小時預測誤差較小，圖九的六十八小時預測誤差大些，而以圖十三的七十二小時誤差最大，同時圖十三中的點亦較其他兩圖為離散。從個別情況如圖二十一的高爾(9116)來看，亦明顯指示二十四小時的預測誤差最小，七十二小時的誤差最大。

6. 另一方面，不論預測時效長短，對於 ECMWF 模式的預測誤差，經向的標準差，較緯向的標準差為大，亦即是說，在經向的誤差較之緯向的誤差為為錯。從圖五、九、十三中，明顯地圖中的點，在緯向的散佈，較經向的為小。

7. 對於所有氣旋(ALL 分類)，在經向的平均誤差均大於零，這表示 ECMWF 模式的預測位置，大多落在分析位置以東。而在個別的氣旋強度分類當中亦可看到，大部份的經向平均誤差大於零。整體(ALL 分類)的經向平均誤差隨預測時效增大而增加。圖二十展示諾亞德(9111)的分析及四十八小時預測，當中的四十八小時預測位置(x)均落在分析位置(o)以東。

五. 總結:

本文搜集了 ECMWF 的 T106 模式，在本年初至九月十六日，對影響西北太平洋的十二個熱帶氣旋的分析及預測，作了統計上的分析，得出一些預測的特色，當中結果可讓預報員作為參考。

自九月十七日以來，先後曾有數個熱帶氣旋影響西北太平洋。若果將 ECMWF 的新的 T213 模式所作出的預測，作同樣的統計，則可以比較新舊模式在預測熱帶氣旋的路徑的表現，這可作為下一個研究的目標。

鳴謝:

作者特此感謝黎守德先生及黃金鋪先生協助提供文中部份資料。

參考文獻 :

- [1] Bell, G.J., 1962, "Predicting the movement of tropical cyclones in the region of the China Sea", Proceedings of the Inter-Regional Seminar on Tropical Cyclones in Tokyo, 18-31 January, 1962.
- [2] Chin, P.C., 1964, "Survey on Objective Methods used in Hong Kong for prediction of typhoon movement", unpublished.
- [3] Chin, P.C. and Leong, H.C., 1971, "Comparison of position errors in 24-hour tropical cyclone forecasts", Royal Observatory Technical Note (Local) No. 14.
- [4] ECMWF Newsletter No. 55, September 1991.
- [5] Chan, J.C.L., 1991, "A Preliminary Analysis of the Performance of Global and Regional Models during the Typhoon Experiments in 1990", Research Report AP-91-22, City Polytechnic of Hong Kong.

圖 1

Fig. 1 Performance of TC locations by ECMWF

E0-RO

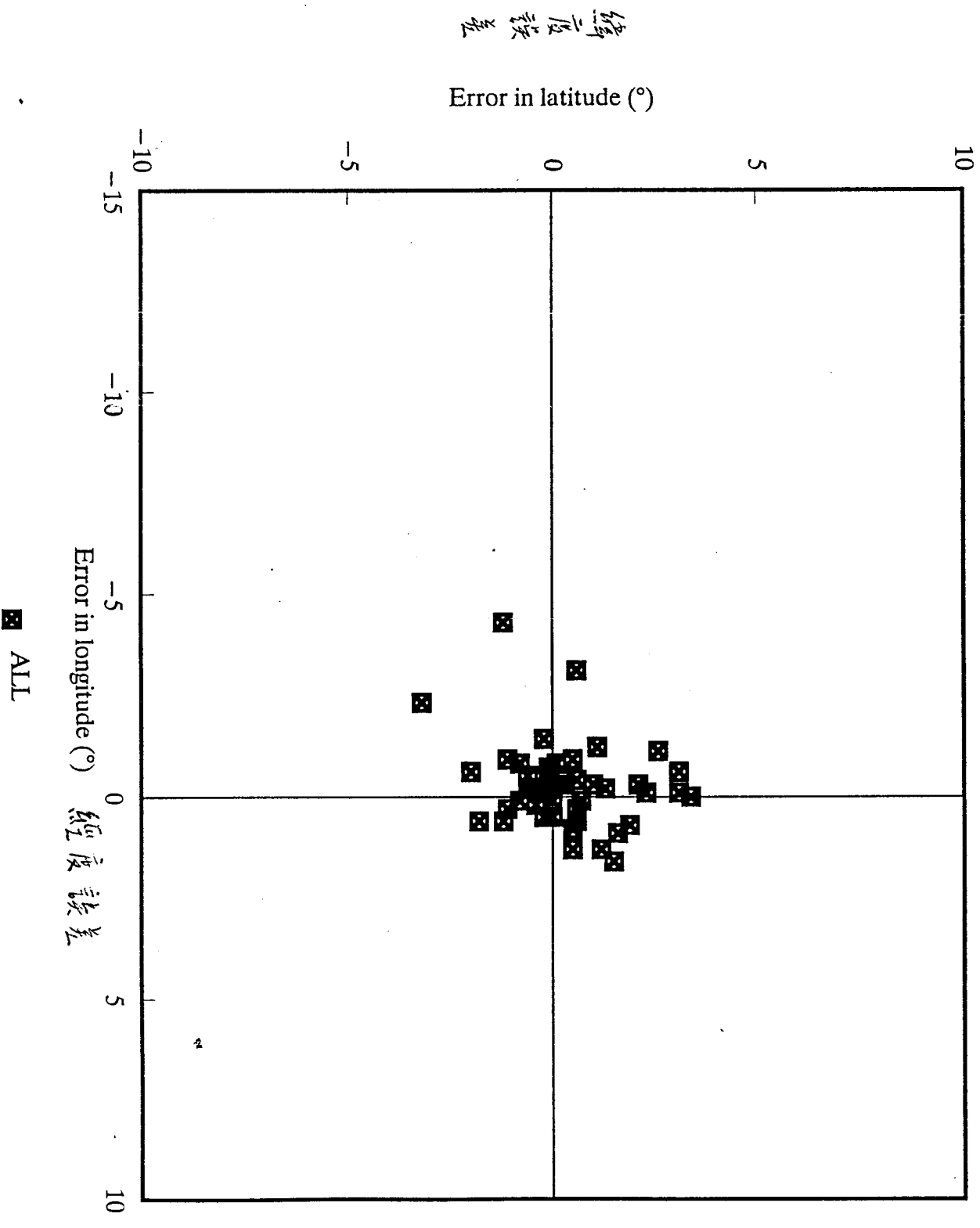


圖 2 = Fig. 2 Performance of TC locations by ECMWF

E0 - RO

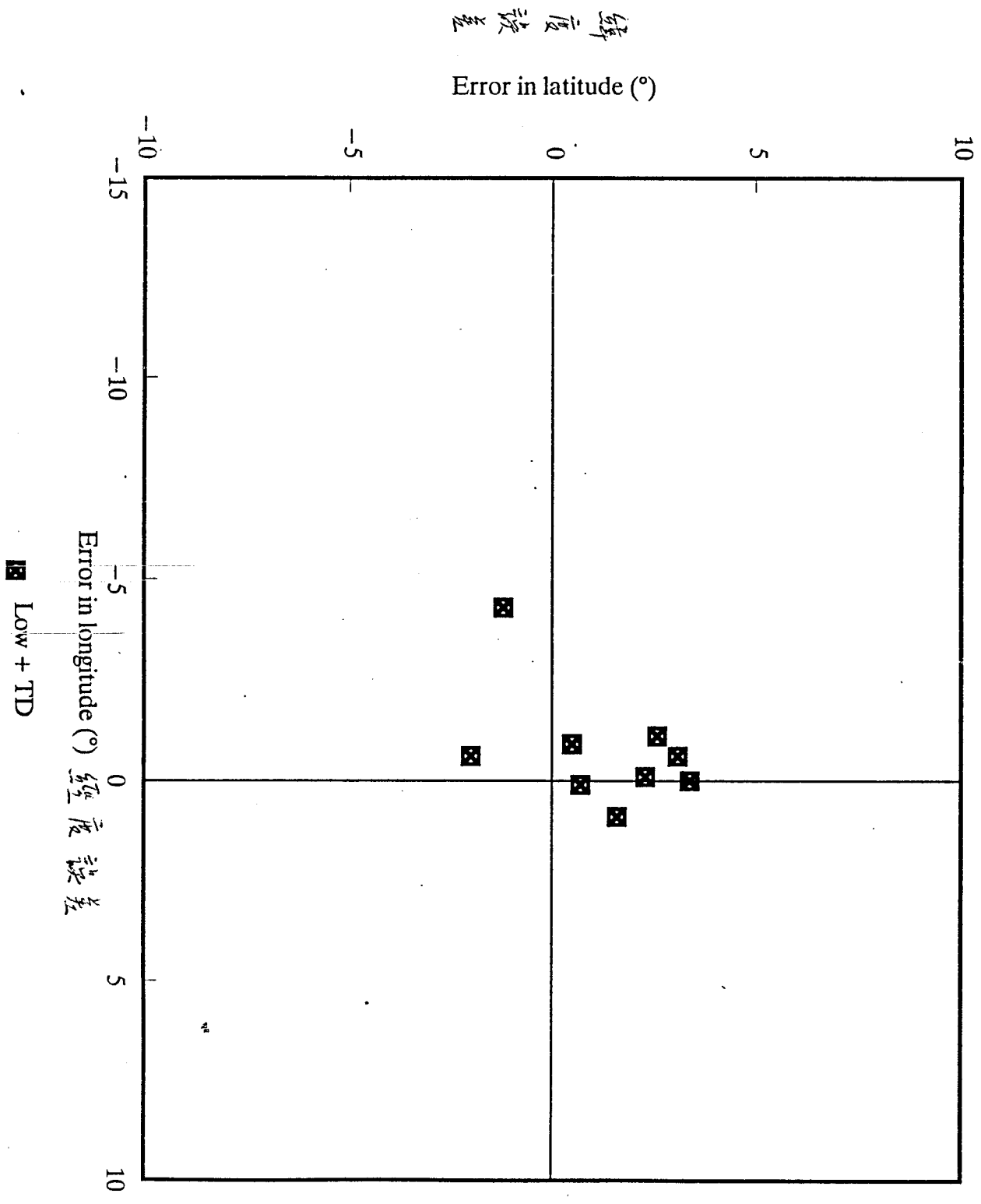


Fig. 3 Performance of TC locations by ECMWF
E0 - RO

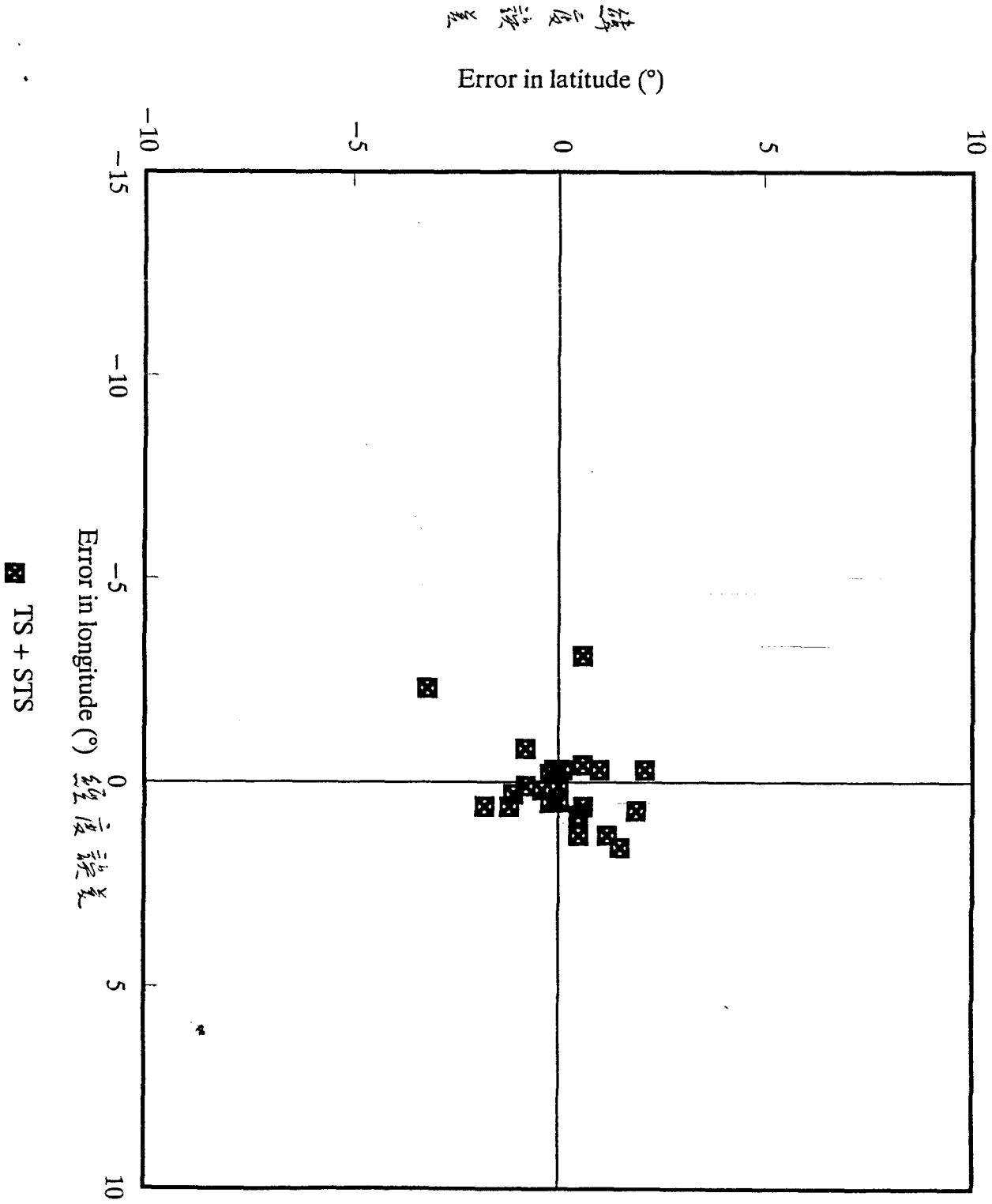


Fig. 4 Performance of TC locations by ECMWF

E0 - R0

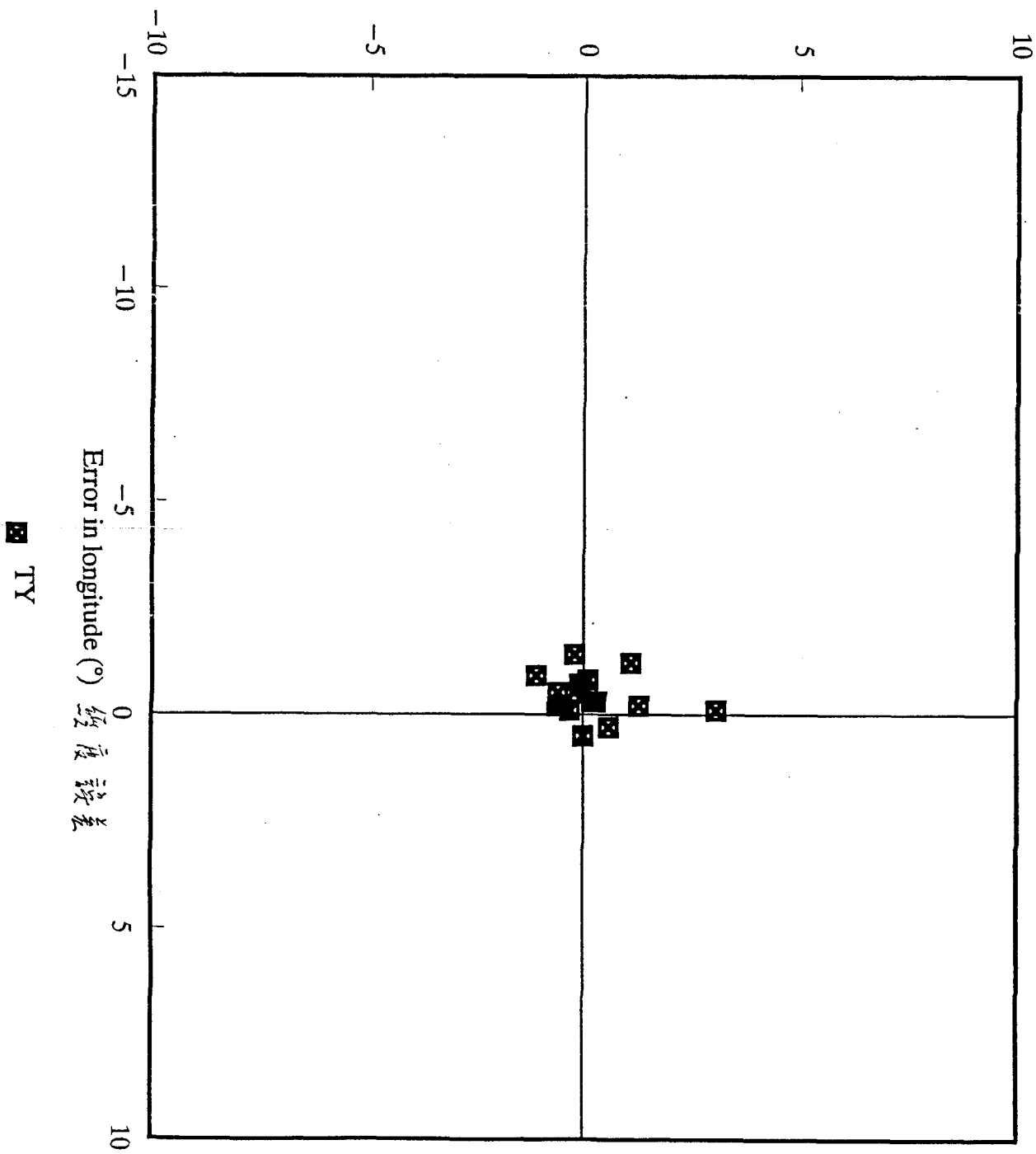
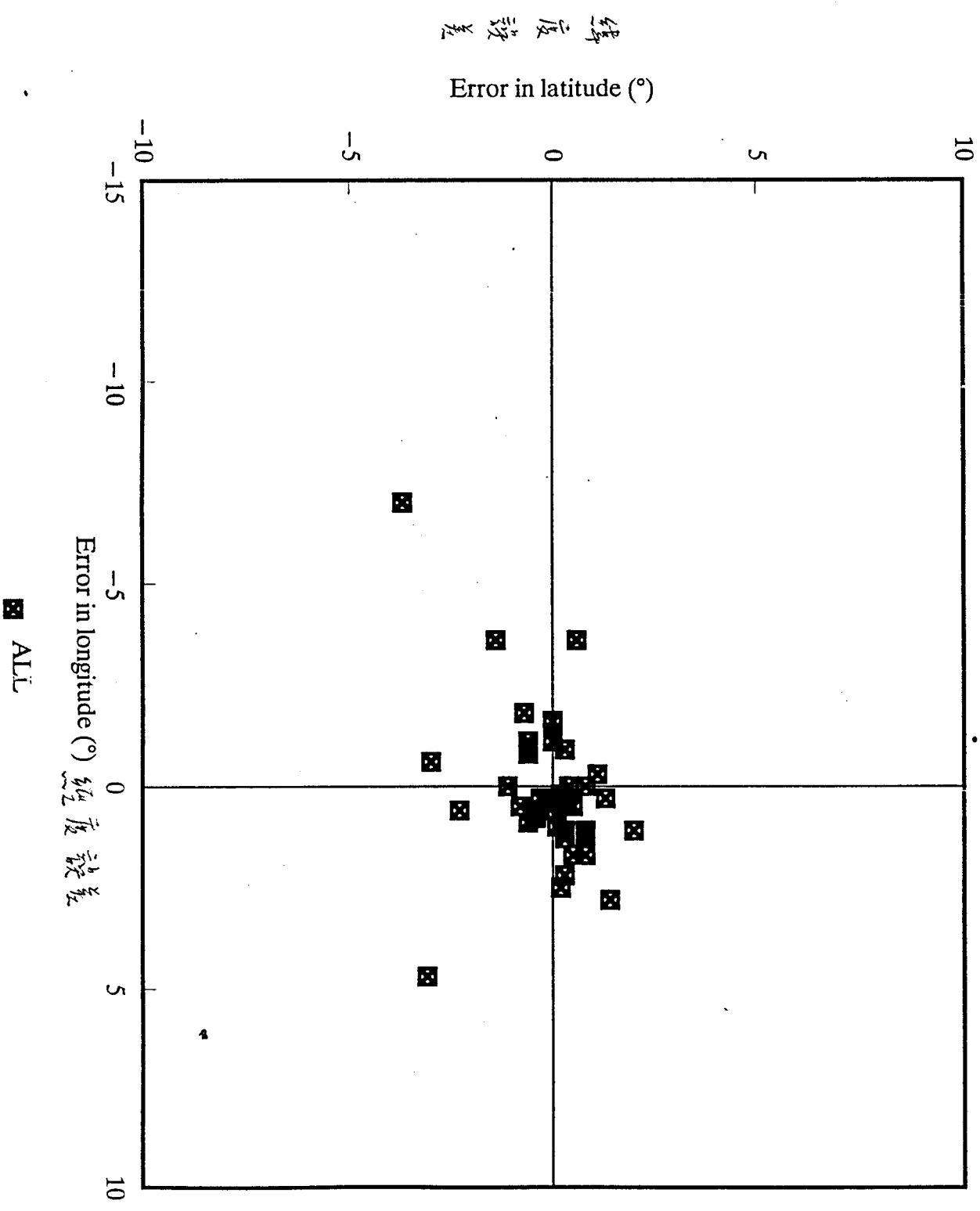


Fig. 5 Performance of TC locations by ECMWF

E1 - E0



圖六

Fig. 6 Performance of TIC locations by ECMWF

E1 -- E0

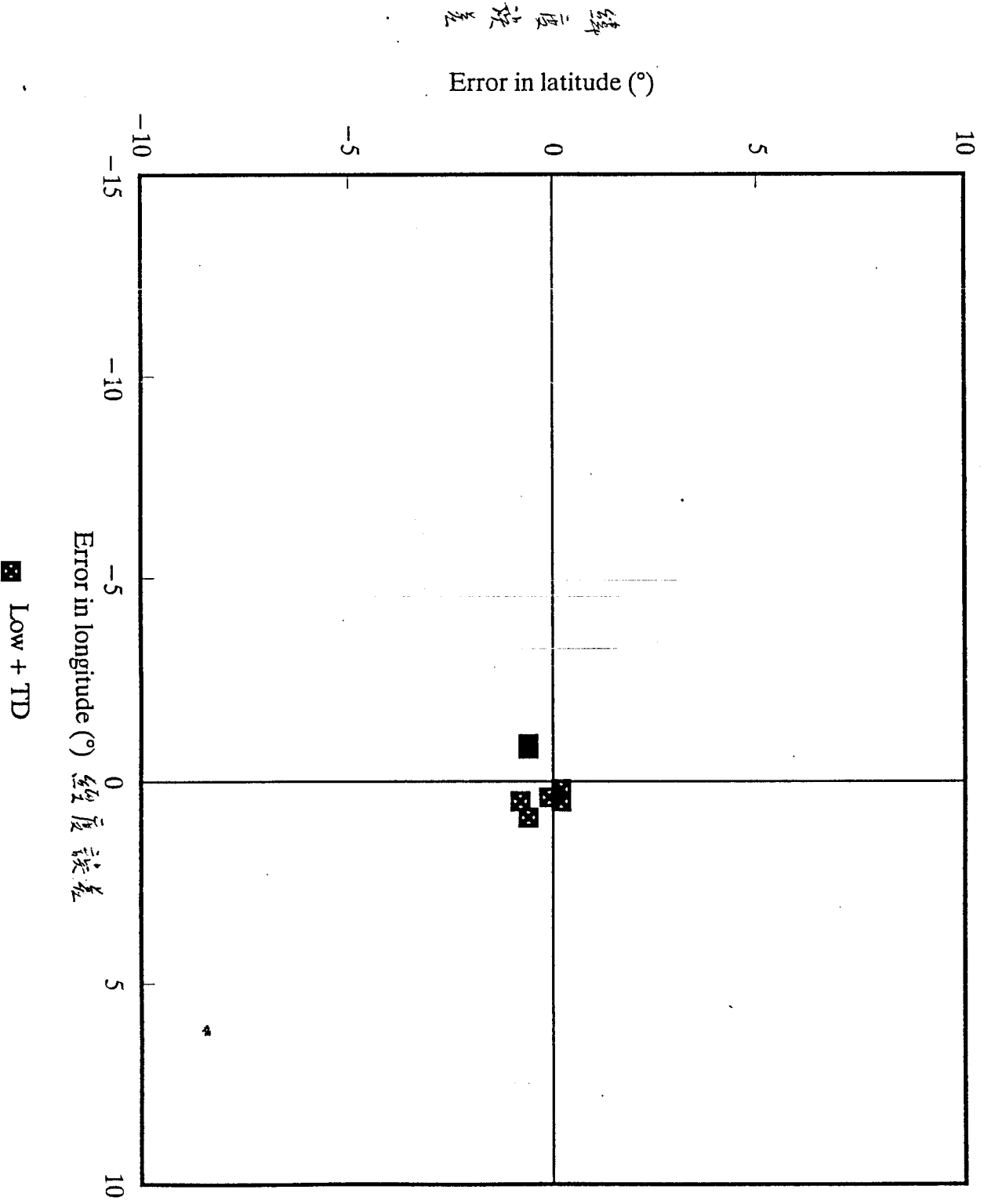


圖 7

Fig. 7 Performance of TC locations by ECMWF

E1 - E0

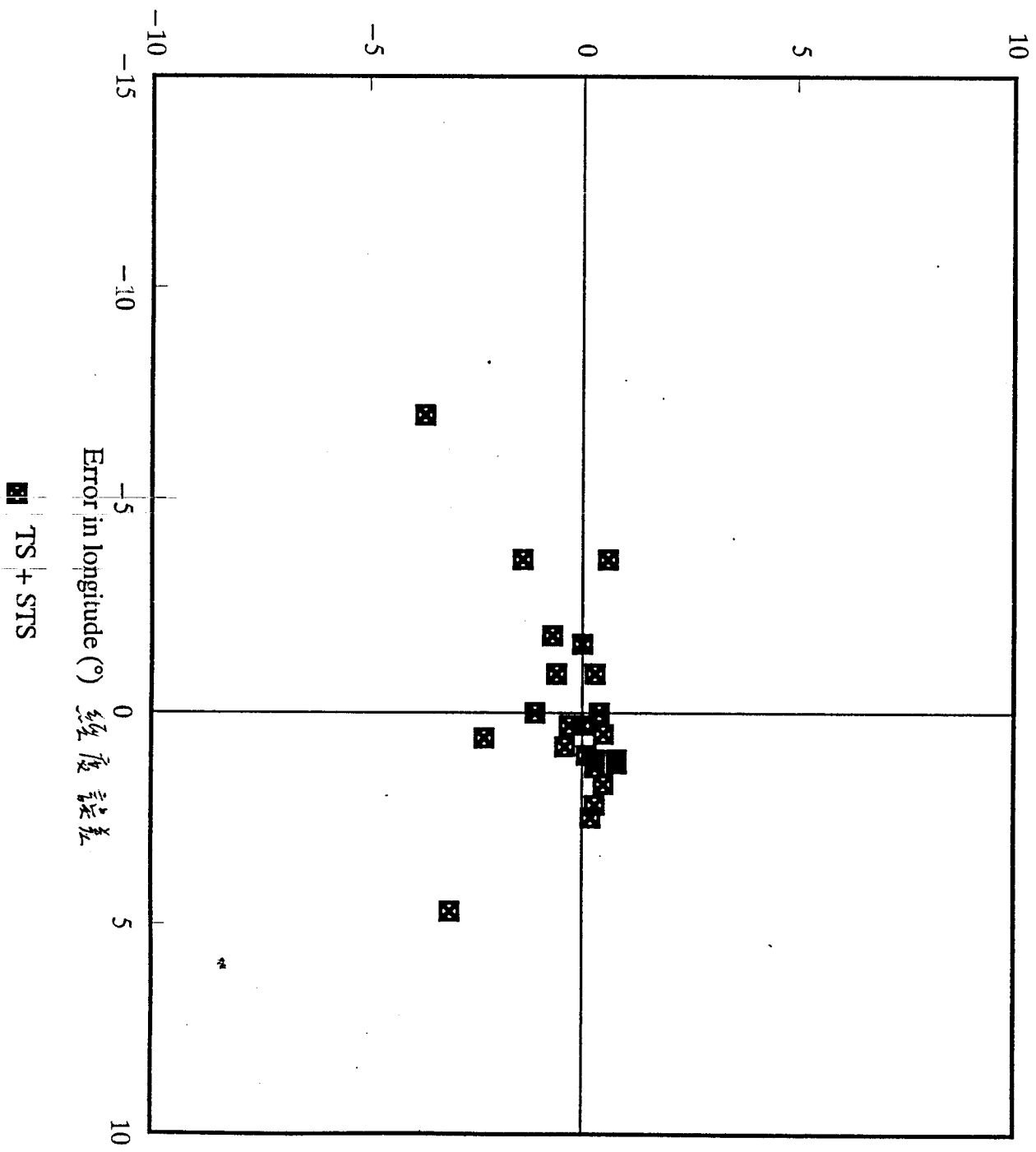


Fig. 8 Performance of TC locations by ECMWF

E1 - E0

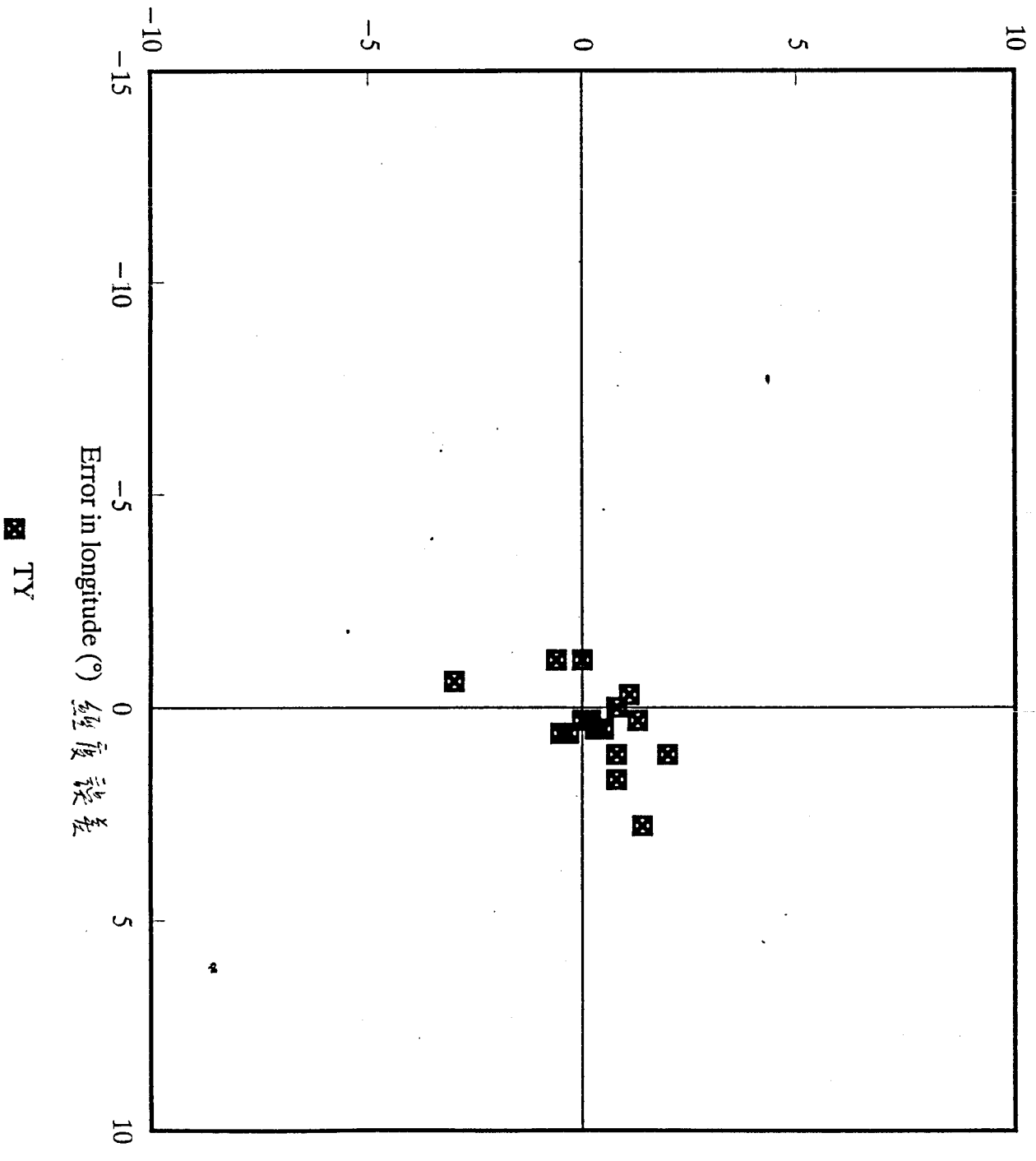
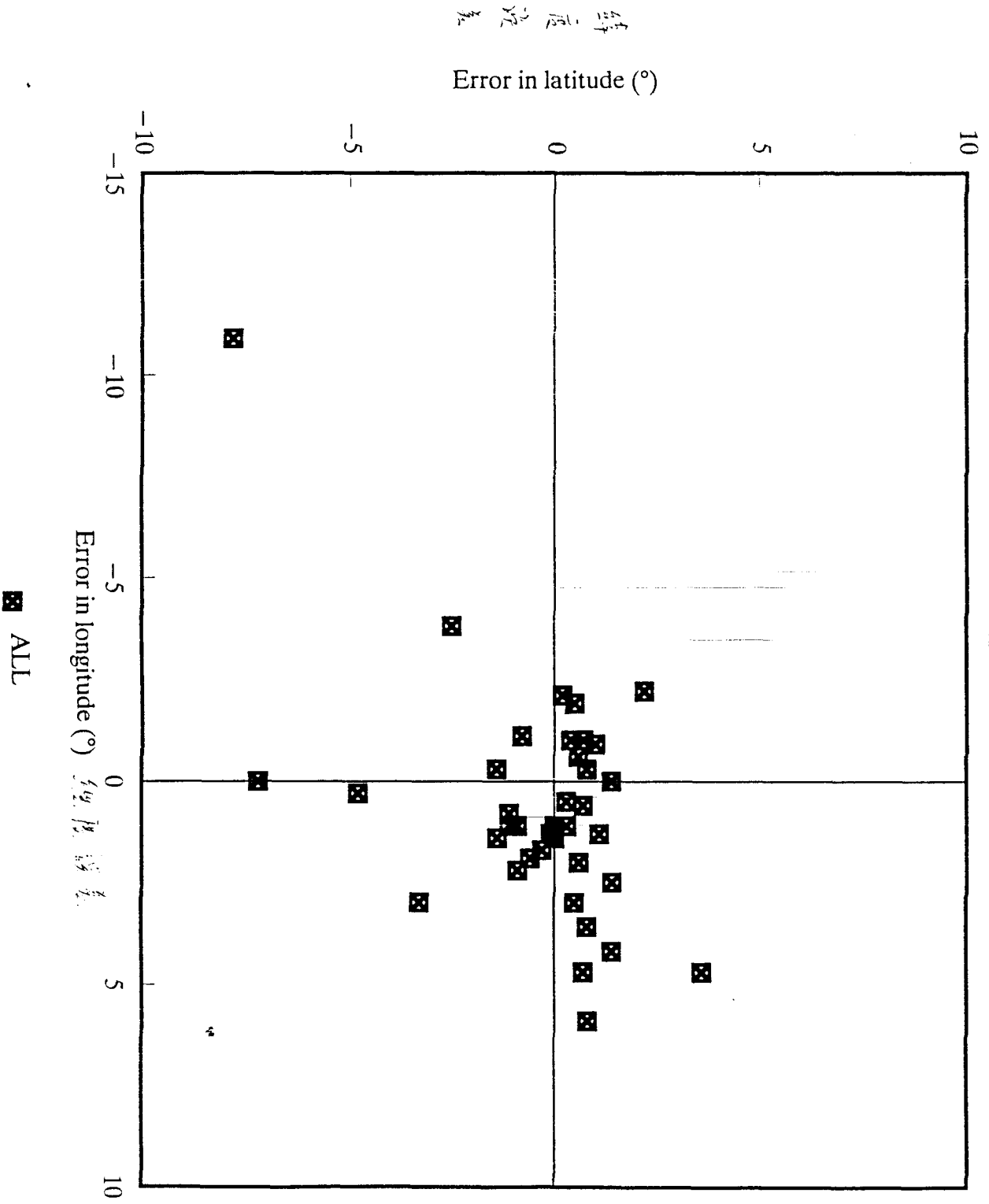


Fig. 9 Performance of TC locations by ECMWF

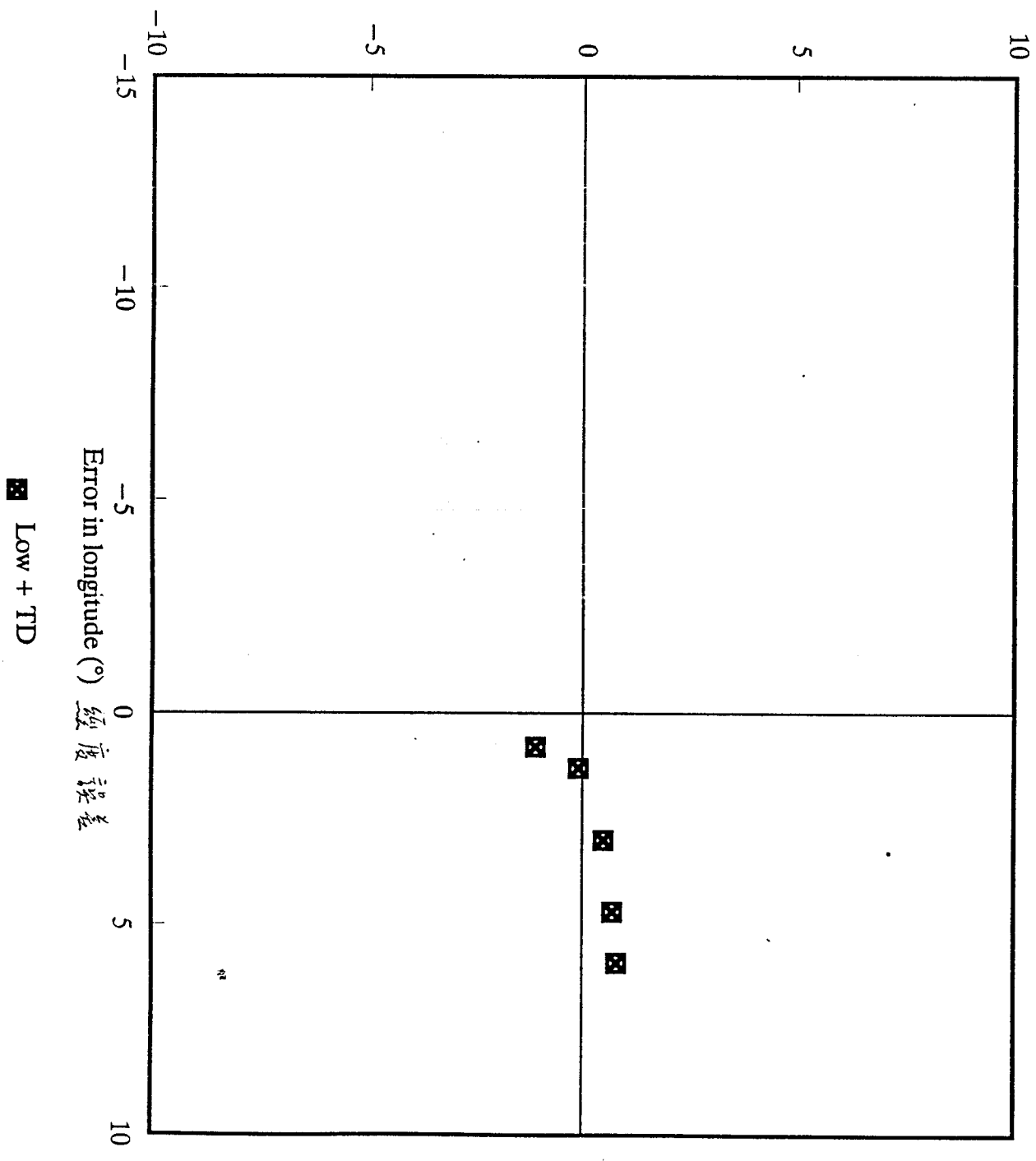
E2 - E0



167 +

Fig. 10 Performance of TC locations by ECMWF

E2 - E0

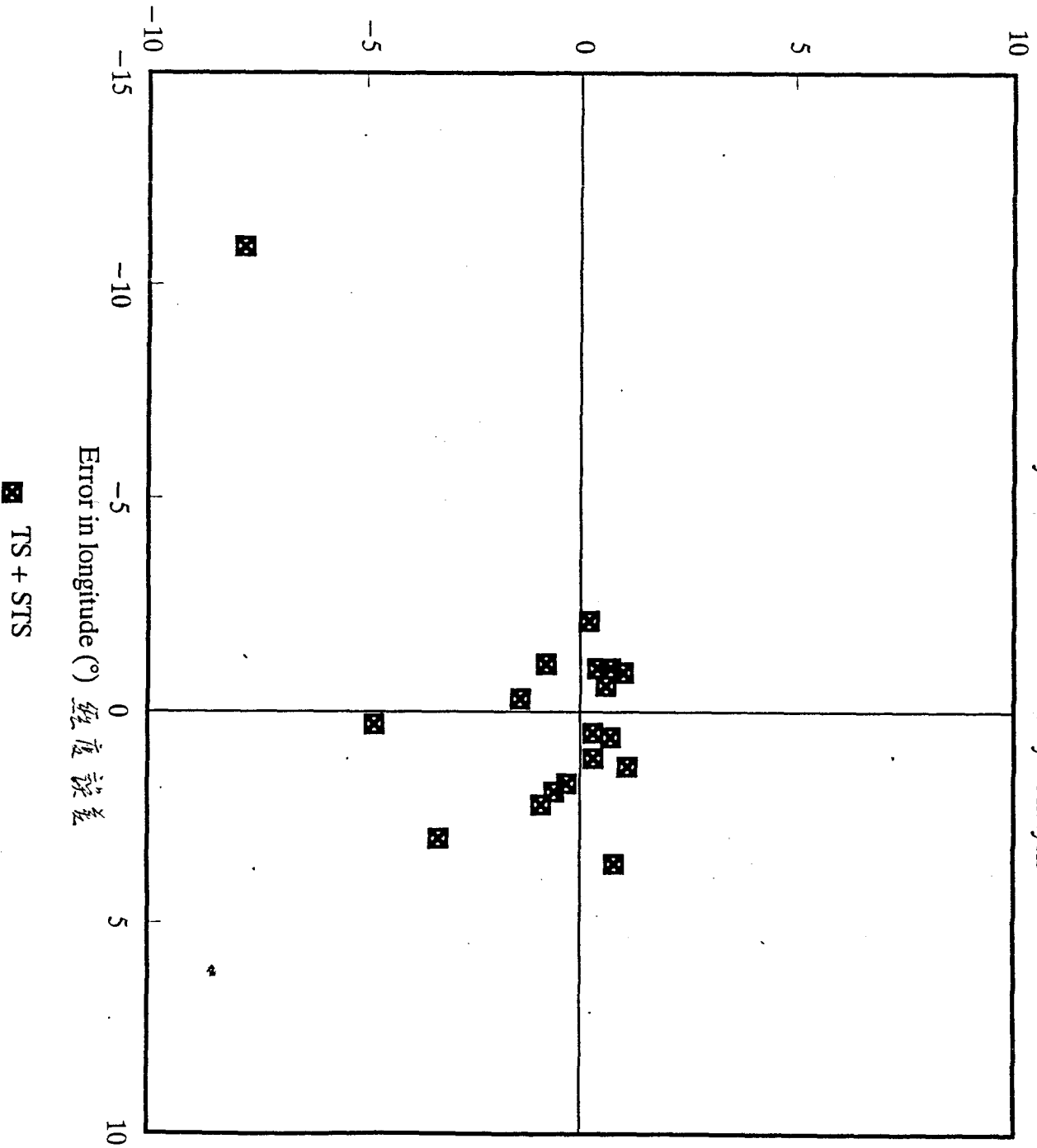


■ Low + TD

150 + -

Fig. 11 Performance of TC locations by ECMWF

ECMWF Day 2 forecast - ECMWF Day 0 analysis



10 + =

Fig. 12 Performance of TC locations by ECMWF

E2 - E0

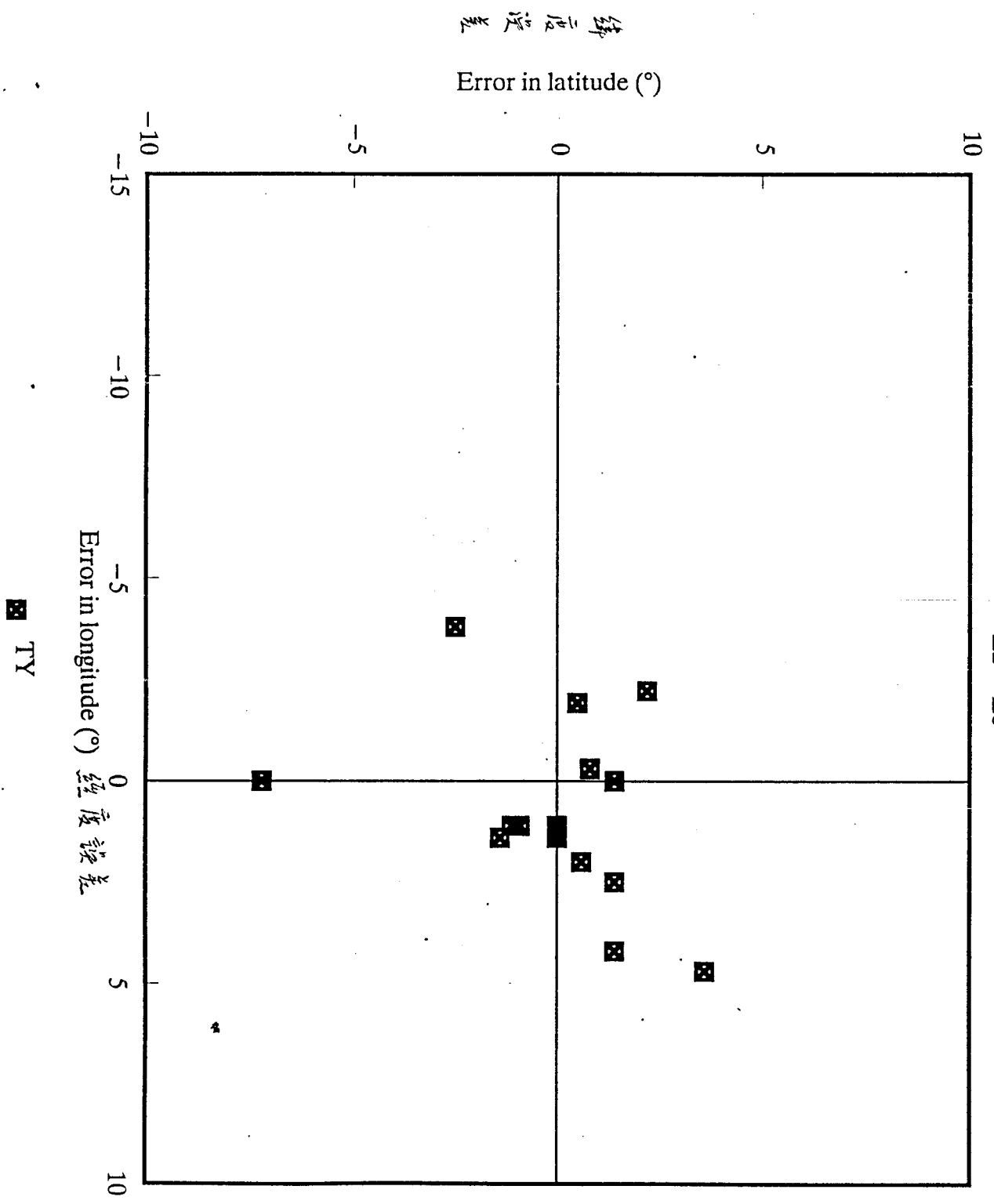


Fig. 13 Performance of TC locations by ECMWF
E3 - E0

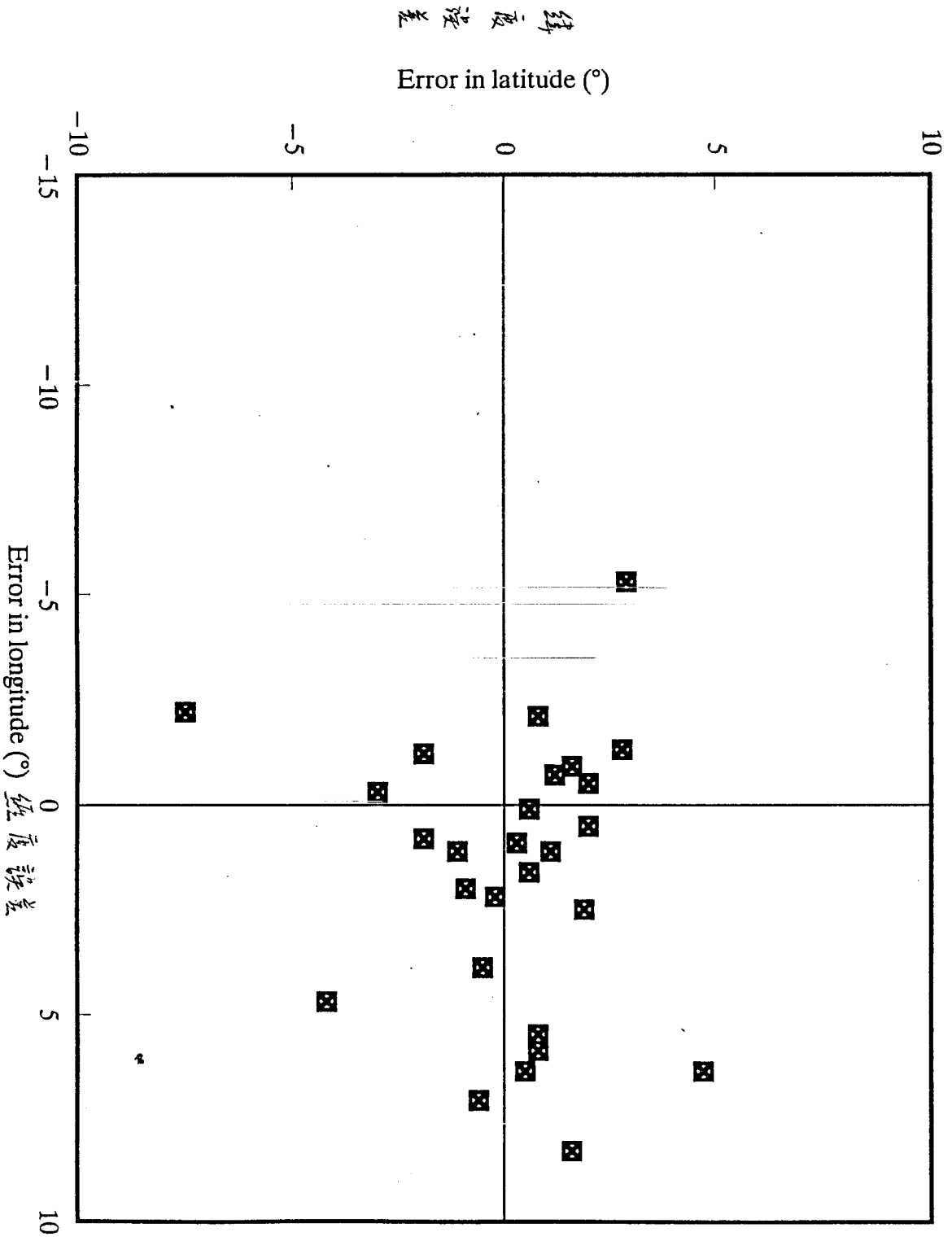


Fig. 14 Performance of TC locations by ECMWF

E3 -- E0

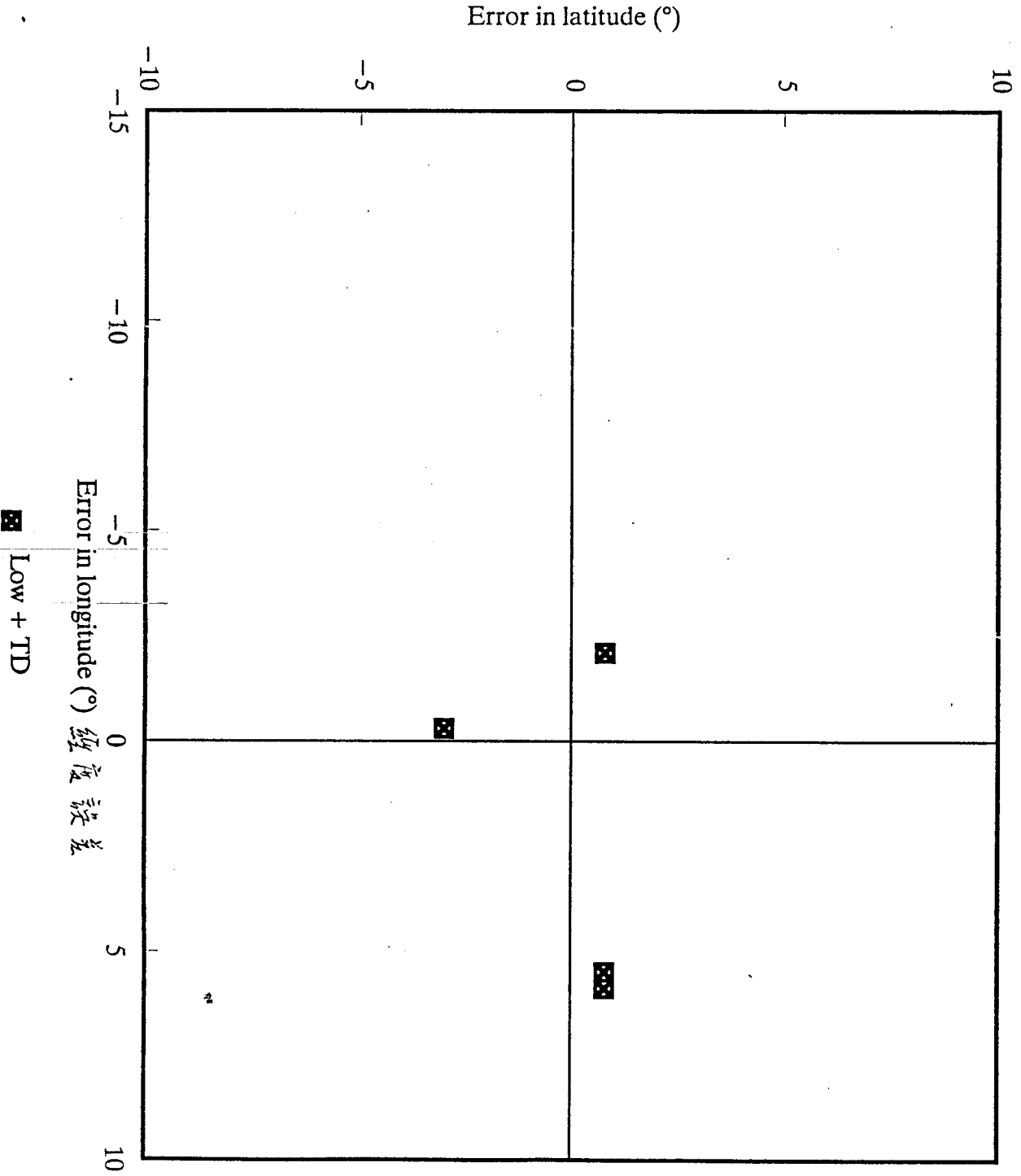


Fig. 15 Performance of TC locations by ECMWF
E3 - E0

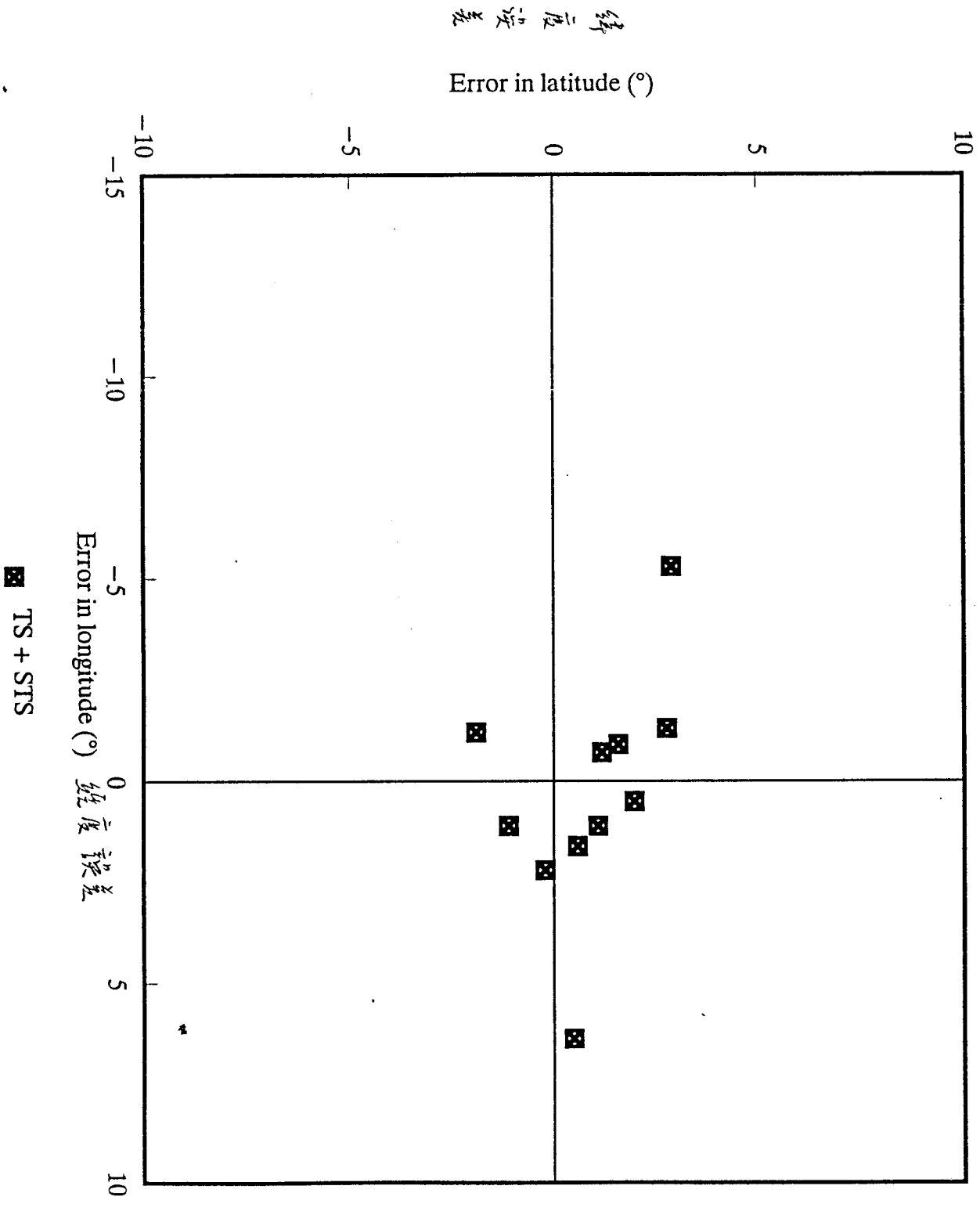
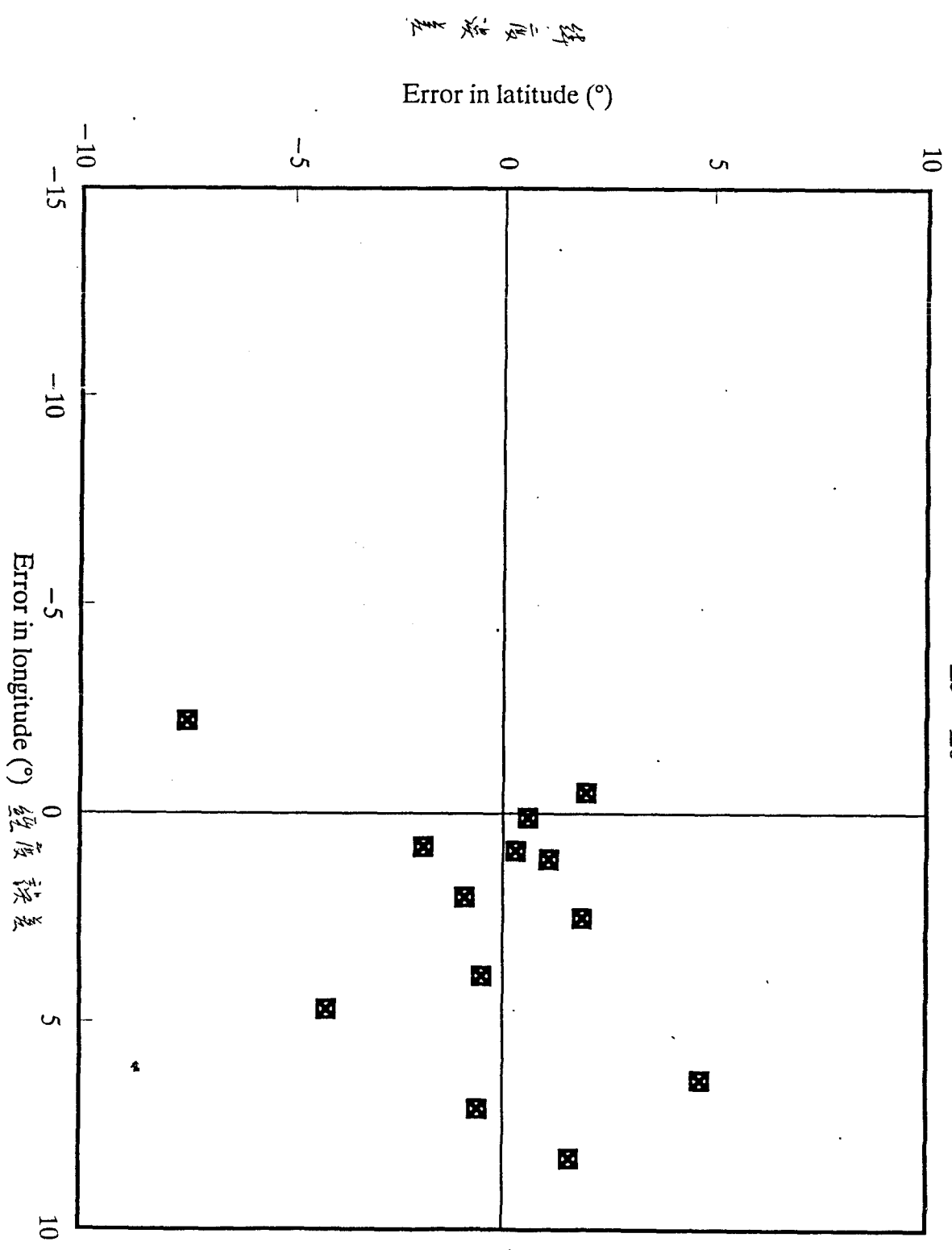


Fig. 16 Performance of TC locations by ECMWF

E3 - E0



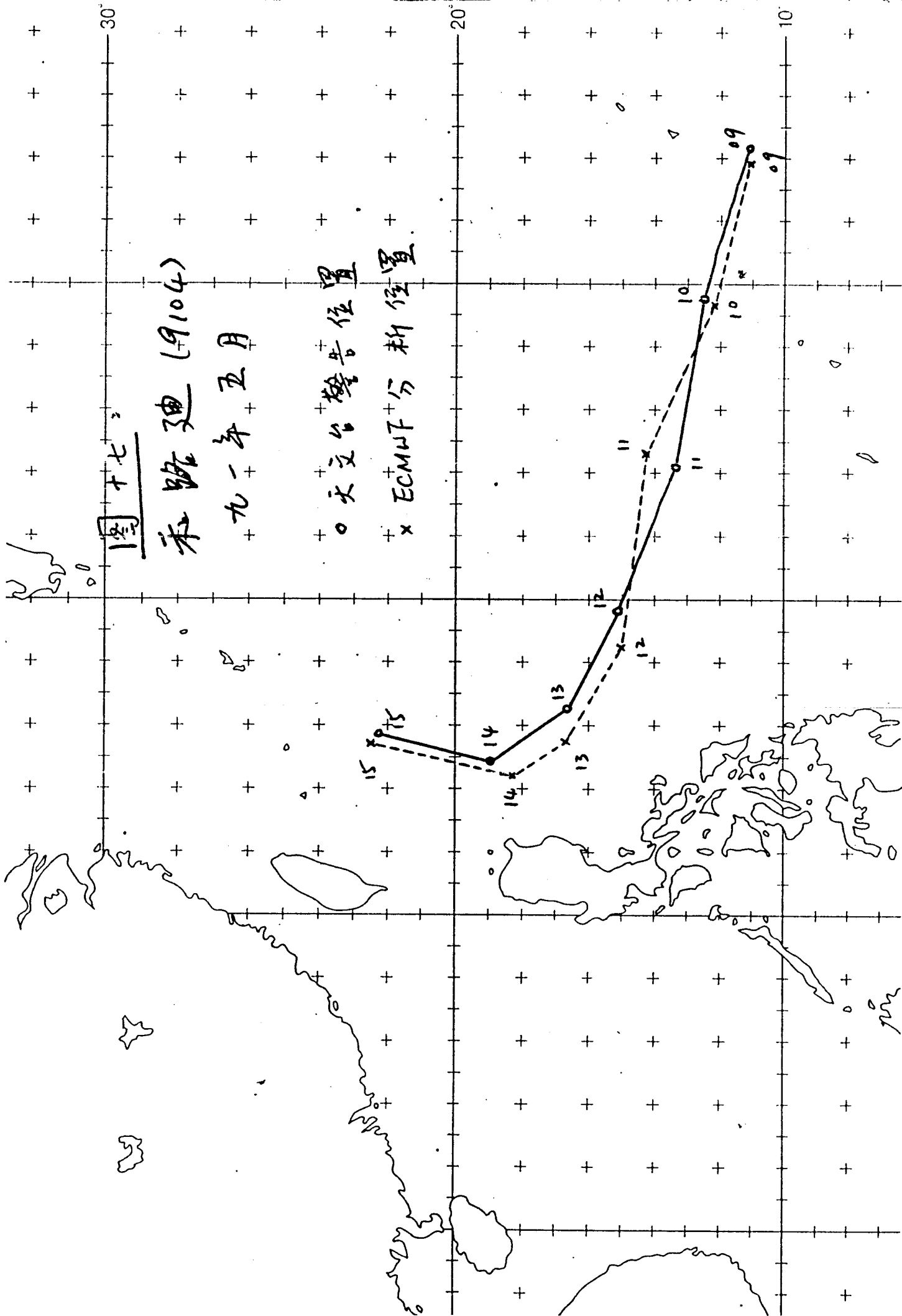
图十七

永路建 (9104)

九一年五月

○ 天文台警告位置

× ECMWF 分析位置

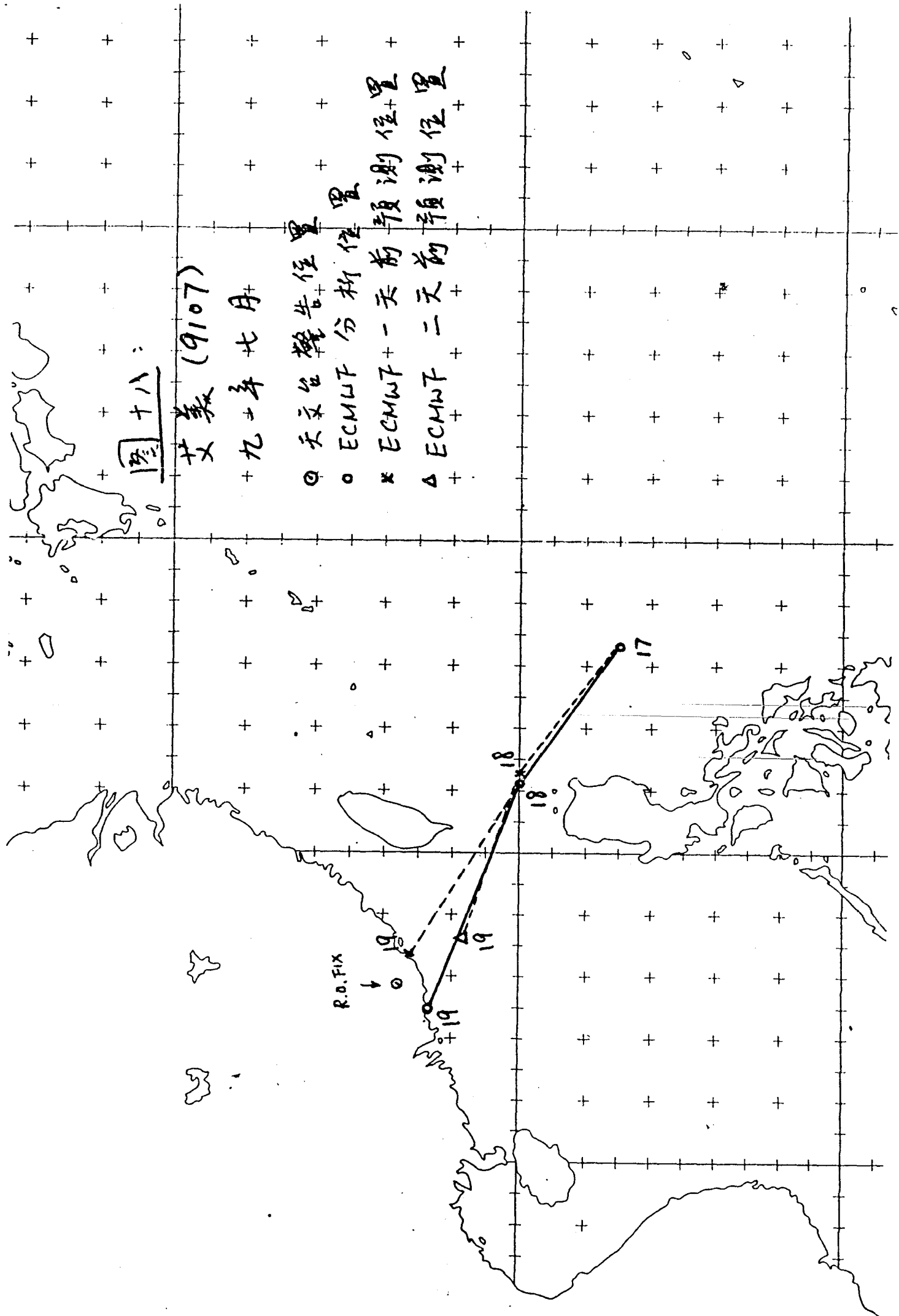


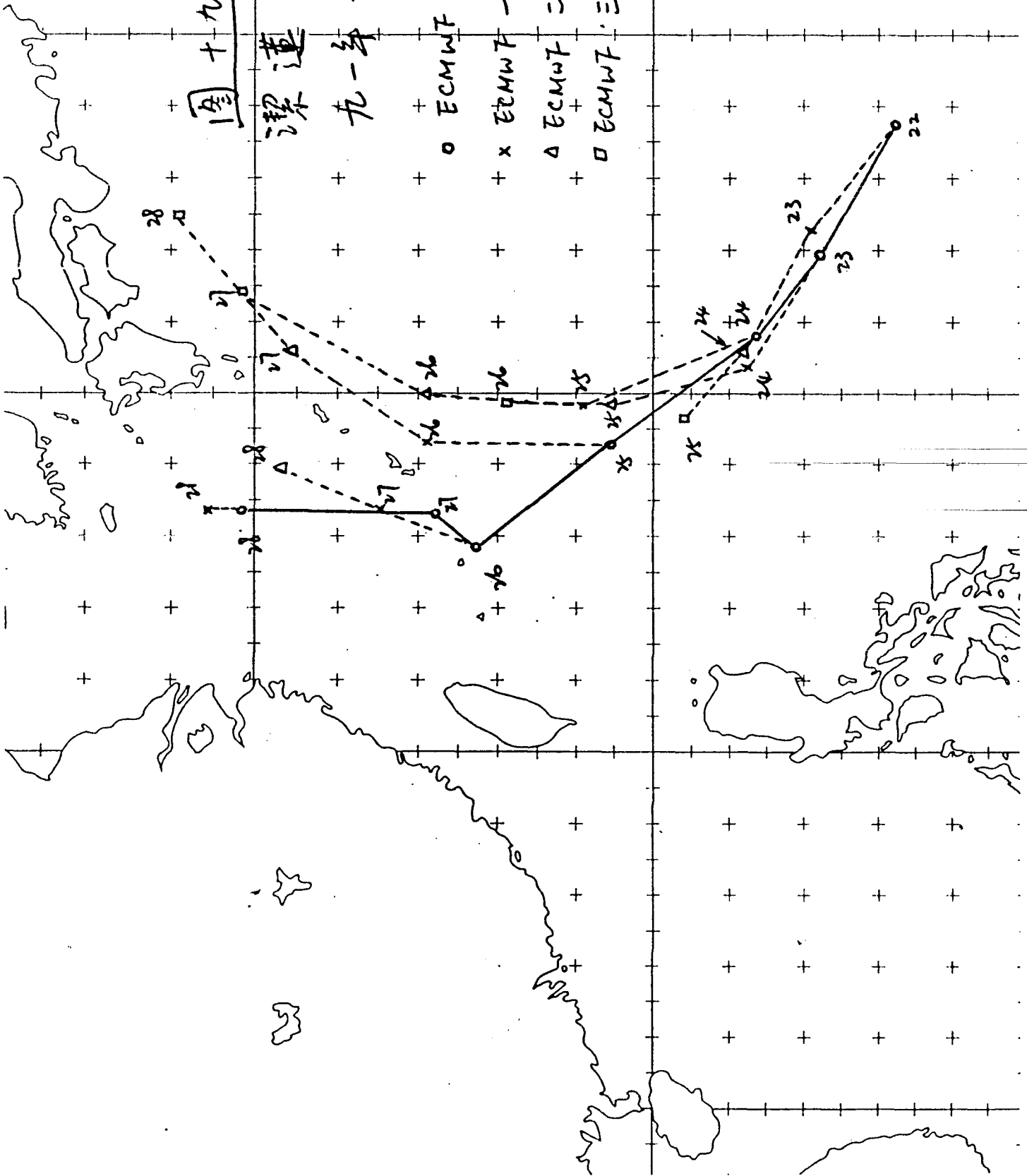
图十八:

艾美 (9107)

一九五七年七月

- 天文台警告位置
- ECMWF 分析位置
- * ECMWF 一天前预测位置
- △ ECMWF 二天前预测位置





图十九:

榴莲 (9109)

九一年七月

○ ECMWF 分析位置

× ECMWF 一天前预测位置

△ ECMWF 二天前预测位置

□ ECMWF 三天前预测位置

图二十三

法雷德 (9111)

一九一八年八月

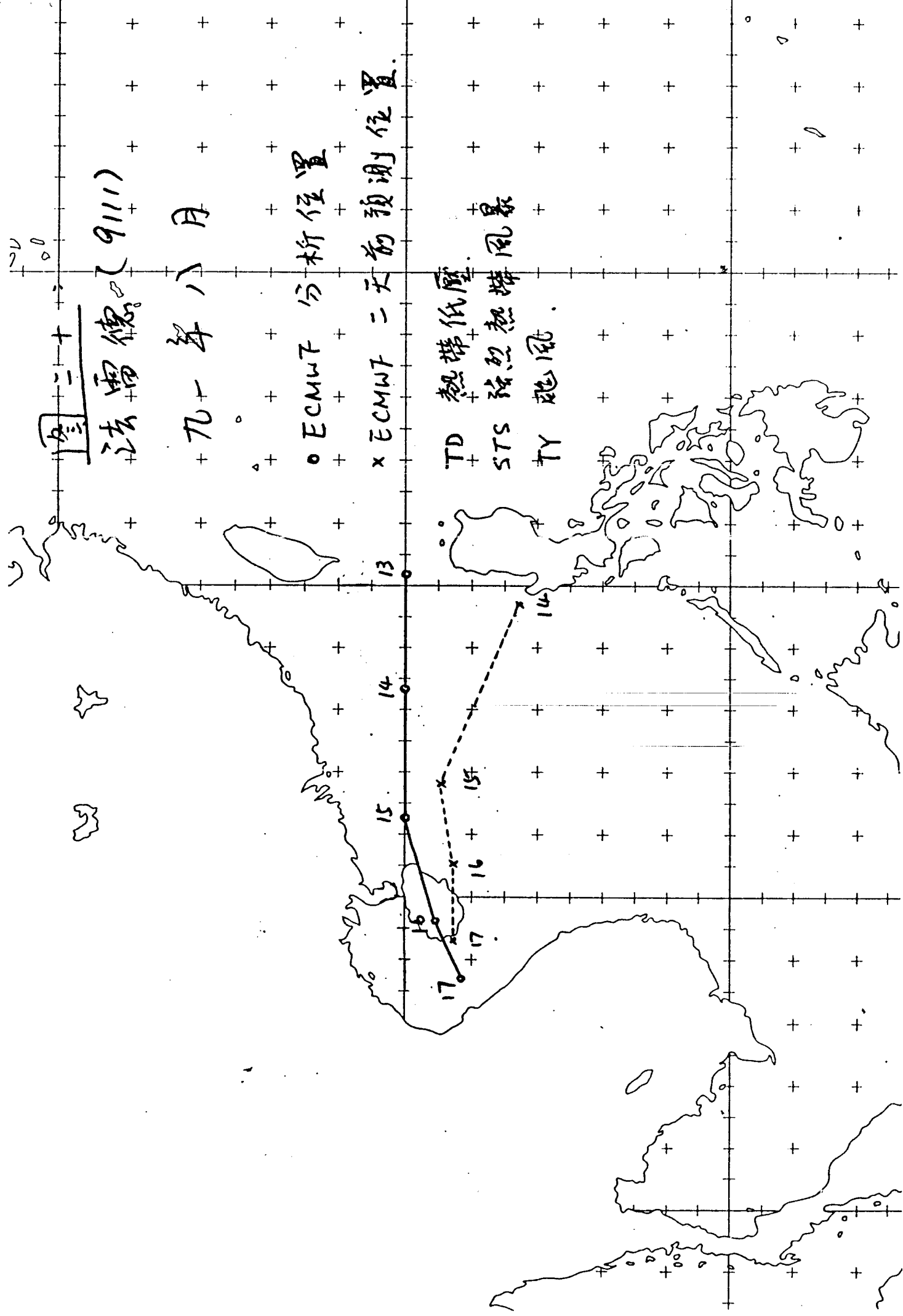
○ ECMWF 分析位置

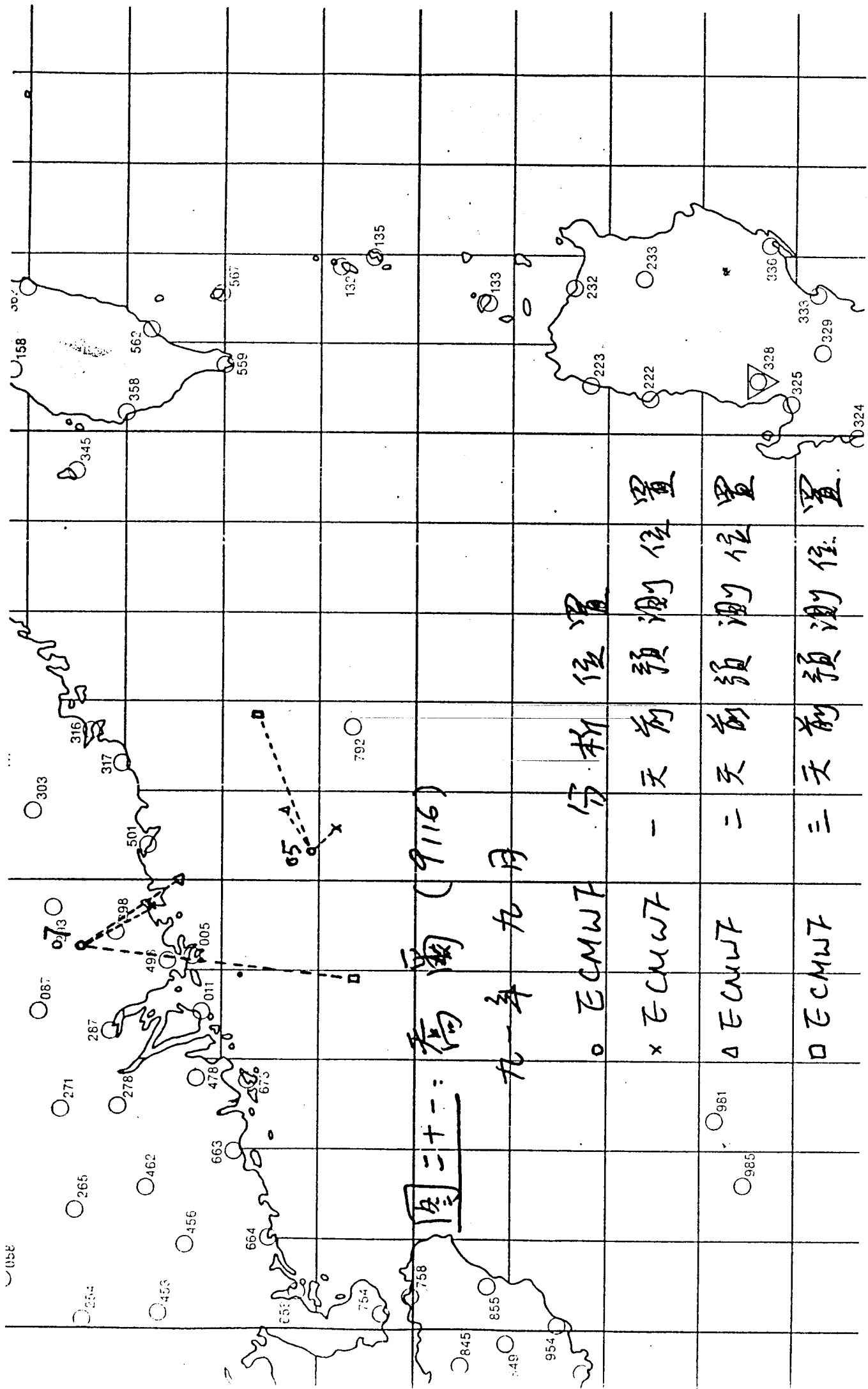
× ECMWF 二天前预测位置

TD 热带低层

STS 猛烈热带风暴

TY 台风

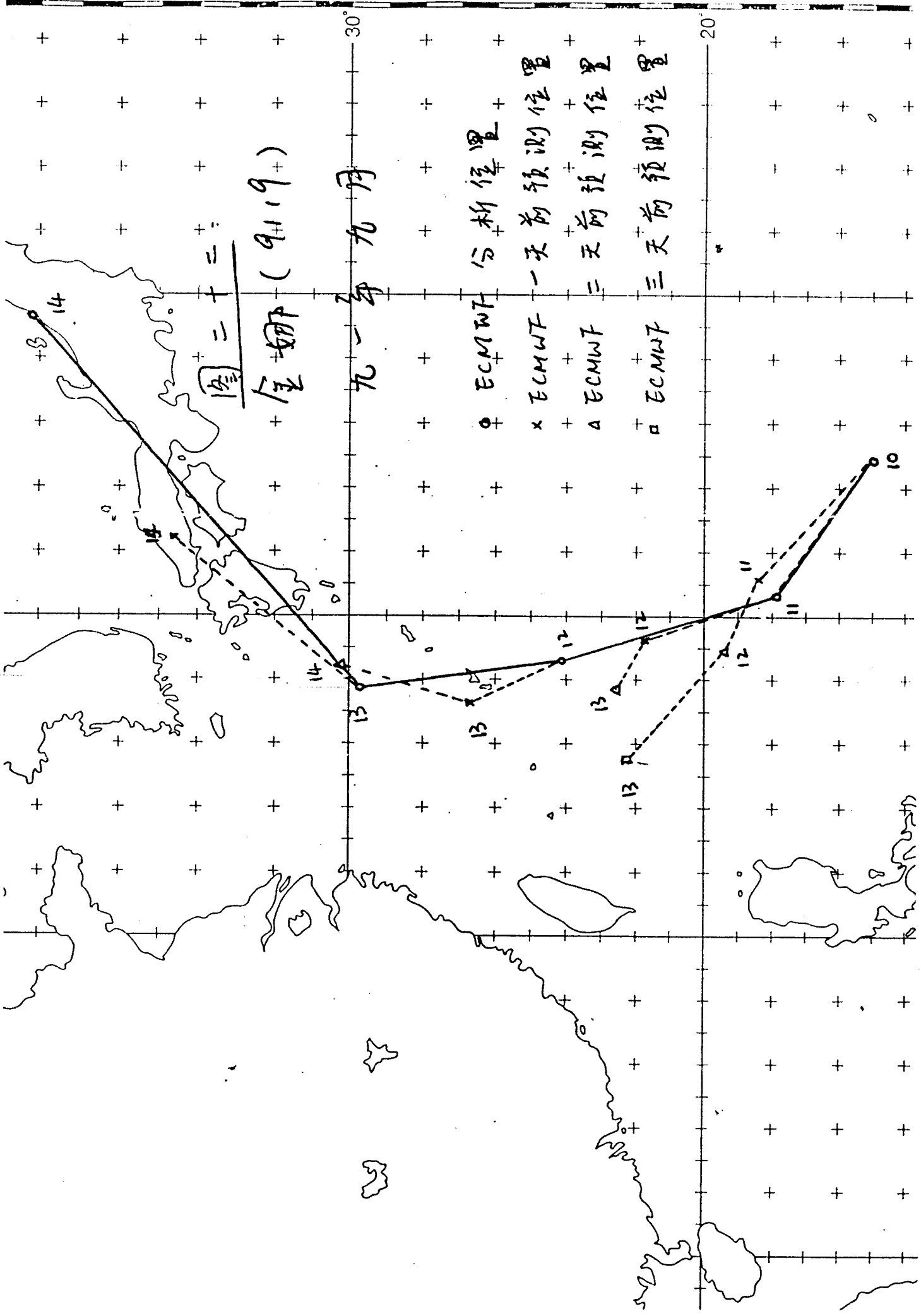




图二十二： 朝鲜 (9116)

一九九一年九月

○ ECMWF	分析位置
× ECMWF	一天前预测位置
△ ECMWF	二天前预测位置
□ ECMWF	三天前预测位置



图二十三
金娜 (9119)

九一年九月

- ECMWF 分析位置
- × ECMWF 一天前预测位置
- △ ECMWF 二天前预测位置
- ECMWF 三天前预测位置