

第六次粵港澳重要天氣研討會

一九九一年十二月九日至十日

強烈熱帶風暴泰莎(9009)的
急轉路徑

符致祥

皇家香港天文台

前言：

熱帶氣旋移動的物理公式：

對於熱帶氣旋來說，我們可想像它為一大氣中的渦度中心。其演變過程須符合以下公式，

簡化渦度方程 (SIMPLIFIED VORTICITY EQUATION)

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \underbrace{-\vec{V}_H \cdot \nabla \zeta}_{(1)} - \underbrace{\beta v}_{(2)} - \underbrace{(f + \zeta)}_{(3)} \underbrace{\vec{V} \cdot \vec{V}_H}_{(4)}$$

ζ — 渦度
 $\vec{V}_H$ — 水平大氣風速
 v — y -方向風速
 f — 科里奧利參數

項(1)表示因熱帶氣旋移動而產生的渦度變化。

項(2)表示渦度平流，其中包括背景引導熱帶氣旋所產生之平流及背景內其他之渦度平流。

項(3)表示 β 效應。

項(4)表示因輻合或輻散而產生的渦度變化。

因此，熱帶氣旋之移動基本上受外來及內在之因素影響：

(1) 外來因素，主要是背景之引導氣流，其物理意義從項(2)中可見，而引導氣流往往是受周遭之

天氣系統所影響，如中緯西風槽，其他熱帶氣旋，熱帶對流層上部槽，副熱帶高壓脊之移位等等。當然，背景中其他之渦度平流也可會對熱帶氣旋移動產生影響的。

(2) 內在因素包括甚廣，其中有線性 β 效應 (LINEAR β -EFFECT)，輻合，非線性渦度平流 (NON-LINEAR VORTICITY ADVECTION)，熱帶氣旋本身質量之不對稱分佈，或潛熱的不平均等等。總括來說，前三項可統稱為內力，其方向是大致指向西北。對於質量之不對稱，我們較後再分析。

本文介紹一受熱帶對流層上部槽 (TUTT) 及高層質量分佈不對稱影響其移動方向的熱帶氣旋例子——泰莎 (9009)

背景：

強烈熱帶風暴泰莎於一九零年七月下旬影響華南沿岸。受着微弱之背景環流支配下，她於南海之行徑緩慢及於三十日突然轉向，直趨廣東省東岸。本文旨在探討引起泰莎轉向之天氣系統，歸納重點分析，藉此希望對未來類似情況之預報作為例子。

泰莎之途徑及發展經過：

七月廿七日早上，熱帶低氣壓泰莎於巴林坦海峽形成，並向西南偏南以時速7公里緩動。她於廿八日下午加強為熱帶風暴，大致向西移動，時速約10公里。廿九日，泰莎逐漸減速，並於該日傍晚於東沙西南偏南250公里附近徘徊，幾乎停留不動。三十日早上，她再增強為強烈熱帶風暴及突然向北移，以平均時速13公里朝廣東省汕尾方向吹襲。泰莎於三十一日早上約四時三十分在香港東北偏東160公里，即汕尾附近登陸，隨後迅速減弱。（圖一顯示泰莎之移動過程）

香港方面，一號戒備信號於廿八日早上九時二十分懸掛。當時泰莎正處於香港東南610公里，其後她繼續加強及移近，於是天文台於三十日下午一時四十五分掛起三號強風信號。直至三十一日下午一時三十分，當泰莎於廣東省北部漸漸減弱時，所有信號除下。

大氣形勢的演變：

七月廿七至廿八日：

地面：一度微弱的高壓脊影響着華南沿岸，該區普遍吹東至東北風。南海中部則受着一股清勁之西南季候風影響（圖二及三）。由於低層風切力足夠及海水溫度夠暖，熱帶低氣壓泰莎於呂宋西北逐漸形成。（廿七日早上十一時）另一方面，西太平洋中部氣壓普遍偏低，有另一強烈熱帶風暴史提夫（STEVE）正處於該處。這顯示當時之熱帶輻合區（ITCZ）位於北半球及頗活躍。

850百帕：中國東部及西太平洋均受反氣旋流場影響。圖四及五也顯示出熱帶輻合區正位於北半球10-20度北緯附近。比較廿七及廿八日西太平洋上副高的位置，可觀察到它正慢慢向北移。這點於500百帕更為明顯。另外，這時（850百帕層）印支半島上的西南風並不強勁。

500百帕：這裏有兩點較為特出。首先，正如850百帕所見，脊軸由是逐漸向北移。由廿七日早八時約30度北緯移至廿八日早八時約34度北緯（圖六及七）。這可能是受泰莎及史提夫影響所至。（史提夫這時正向北至東北進）

另外，越南北部及中國西南上空於該層有一氣旋渦度向東緩緩地移，以至500百帕副

高的西南部減弱。但隨着西風槽之消散，這氣旋於廿八日停留於北部灣西面，不致令泰莎提前轉向。

以上兩點可見，500百帕的引導氣流正逐漸轉弱。

200百帕：雖然廿七日早上中國西面有槽發展，它於翌日減弱。(圖八至九)華南及南海普遍受脊軸以南之東至東南風支配。較為重要的是西太平洋上有一東風槽開始發展，位於約134度東經，並向西移，其走向為西北至東南。它可說是熱帶對流層上部槽(TuTT)的產生。

因此，泰莎於這兩日內是位於一個弱反氣旋以南，隨着微弱之引導氣流大致向西行，時速於10公里或以下。同時，由於泰莎移動緩慢及大氣垂直之風切變較低，她於廿八日下午已加強為熱帶風暴。

七月廿九日：

地面：華東的高壓中心於廿八日晚間增強(圖十)，這從氣壓改變圖中可見。(圖十一)。所以，地面形勢是不利於泰莎向北走。但另一方面，加強了的東至東北風是有利於泰莎繼續增強。而這時廣東省東岸已進入了泰莎之最外圍環流了。

850百帕：基本上該層於廿九日在華南及華中是吹着東風，反氣旋性的流場漸漸消失。(圖十二)這是由於高壓中心已移至朝鮮。反之，印之半島的西風加強，這明顯對西行之泰莎做成阻力。

500百帕：這裏情況也很類似，脊軸由北移至35度北緯(圖十三)。由高度變化場(圖十四)可見，華南及華東之高度皆下跌。但早兩天位於華中的西風槽已消散了。當時於500百帕分析圖中，泰莎正處於兩脊(北面西太平洋脊，南面赤道反氣旋)兩槽(東面之氣旋為一新形成的熱帶低氣壓，西面之氣旋是由西風槽帶來的渦度上文已提及)之間，引導氣流甚微弱。

200百帕：這時熱帶對流層上部槽(TUTT)已發展得非常明顯(圖十五)，而且向西伸展至台灣海峽。但還未對泰莎之高層輻散做成影響，這從衛星圖象(圖十六)可見。

故此，由於大氣低層吹着強勁的西風及中層引導氣流進一步減弱，泰莎於該日較後期間幾乎停流不動。未來大氣系統的演變將會是泰莎移動途徑的關鍵。

七月三十日：

泰莎於三十日早上八時增強為一強烈熱帶風暴及開始轉向北行，指向廣東省汕尾方向。故此，該日之大氣系統變化便視為觸發她北行之原因：

1. 地面：華東之高壓中心，向東移至日本海，令泰莎北面之高壓脊減弱（圖十七）。這點從該日華中普遍氣壓下降可顯示得到（圖十八）。雖然，這不致引來泰莎向北走，但提供了有利的條件。
2. 850百帕：已移北至朝鮮之反氣旋進一步轉弱，其中心之高度場下降，引至華中之流場由偏向反氣旋性變為偏向氣旋性。其次，印支半島之西風仍然保持強勁（圖十九）。這意味着在大氣低層，泰莎的北面比先前開始有「弱點」，使西南季風能將泰莎帶北走的原因之一。
3. 500百帕：中層之脊軸北移至約36度北緯附近。華中之流場也與850百帕相若，轉為偏向氣旋性（圖二十）。此外，泰莎以北找不到西風槽，所以泰莎之轉向不能完全以中層解釋。（一般來說，熱帶氣旋北走與西風槽有很大關係）唯一可以肯定的是泰莎北面並不存在一強高壓，這提供了轉向的有利條件。
4. 200百帕：熱帶對流層上部槽（TuTT）向西繼續發展，申延到廣東省東部（圖二十一）。

歐洲預報中心的分析顯示二十九日晚(國際時間十二時) 200 百帕層上, 廣東中西岸是輻合區。(圖二十三) 換句話說, 東風槽減弱了泰莎北至西北面的高空輻散。從三十日早上的可見光衛星圖中, 我們也看見強烈熱帶風暴西北面出現了晴空區(圖二十三)。向外散開的高雲集中於南及東北處。於是這上層輻散之不對稱, 為泰莎的移動做成了影響。要了解這點並不用難, 主要是考慮科里奧利力的對稱問題。圖解分析圖二十四的估計是科里奧利力於泰莎上層作用的總分量是大致向北至西北的。這與泰莎的途徑類似。(參考: "Departure of Tropical Cyclone Movement from Geostrophic steering, by G.J. Bell & C.Y. Lam")

另外, 高空東風槽(LUTT)的發展對高層之引導氣流也做成了很大影響。比較二十九日早(國際時間零時)及三十日早(國際時間零時)於 300 百帕上空之引導氣流, 我們察覺位於泰莎之引導方向由指向西南偏西(二十九日)轉為向北(三十日)(圖二十五)。這明顯與泰莎之急轉相關。

結論：

從以上分析，我們歸納泰莎急轉之理由如下：

1. 外來因素：

- 熱帶對流層上部槽(TUTT)的向西發展，因而令高層的引導氣流改變方向。
- 副熱帶高脊的北移，引致向西之引導氣流減弱。
- 低層(850百帕)西南風的加強。

2. 內在因素：

- 熱帶氣旋本身的“內力”(β效應等)朝向西北。
- 泰莎高層外流的不對稱。

歐洲中期天氣預報中心的表現：

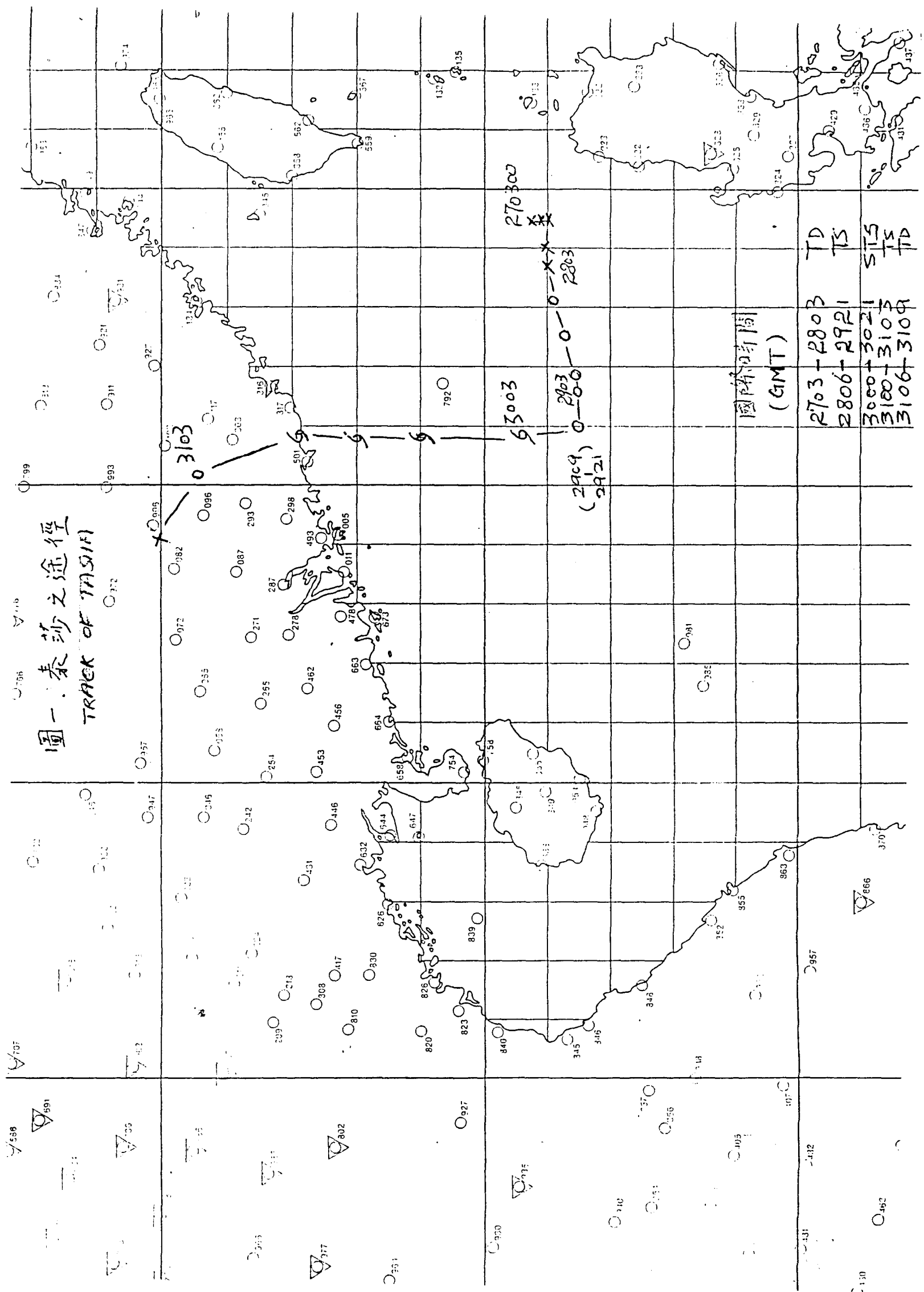
比較泰莎途徑與預報中心的預測，我們發現雖然預報中三十日晚泰莎的位置距離我們當時定位多於100公里。(預報途徑有二，分別跟據廿八日晚及廿九日晚實況去計算的，圖二十六)但它們都能顯示出泰莎將於三十日間轉向北走，這點資料當時對預報員來說是十分具啟示性的。

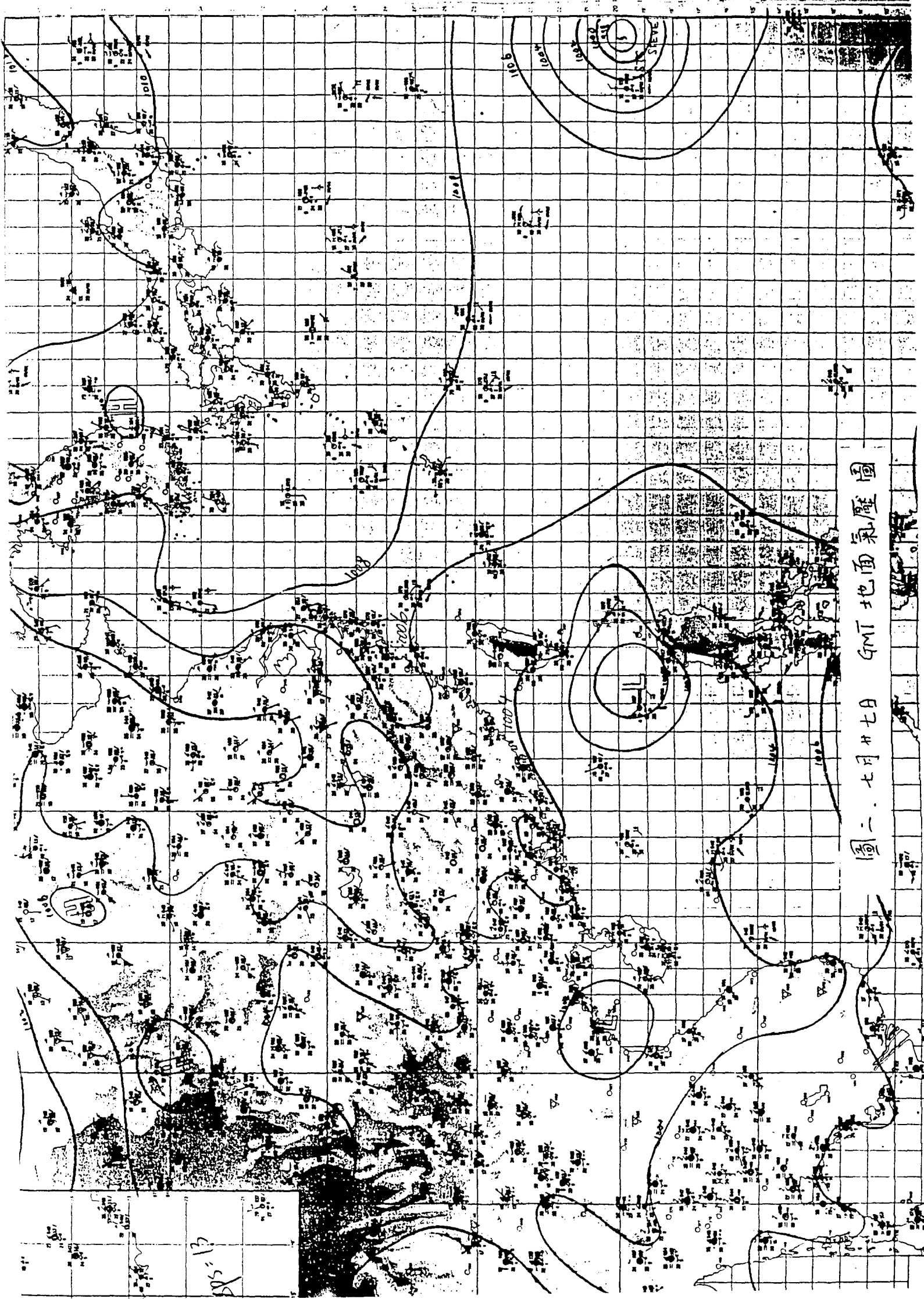
參考：

A GLOBAL VIEW OF TROPICAL CYCLONE BY R.L. ELSBERRY,
W.M. FRANK, G.J. HOLLAND, J.D. JARRELL, R.L. SOUTHERN.

DEPARTURES OF TROPICAL CYCLONE MOVEMENT FROM GEOSTROPHIC
STEERING, OF PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON TYPHOON, SHANGSHAI 1980, BY G.J. BELL, C.Y. LAM,
ROYAL OBSERVATORY, HONG HONG.

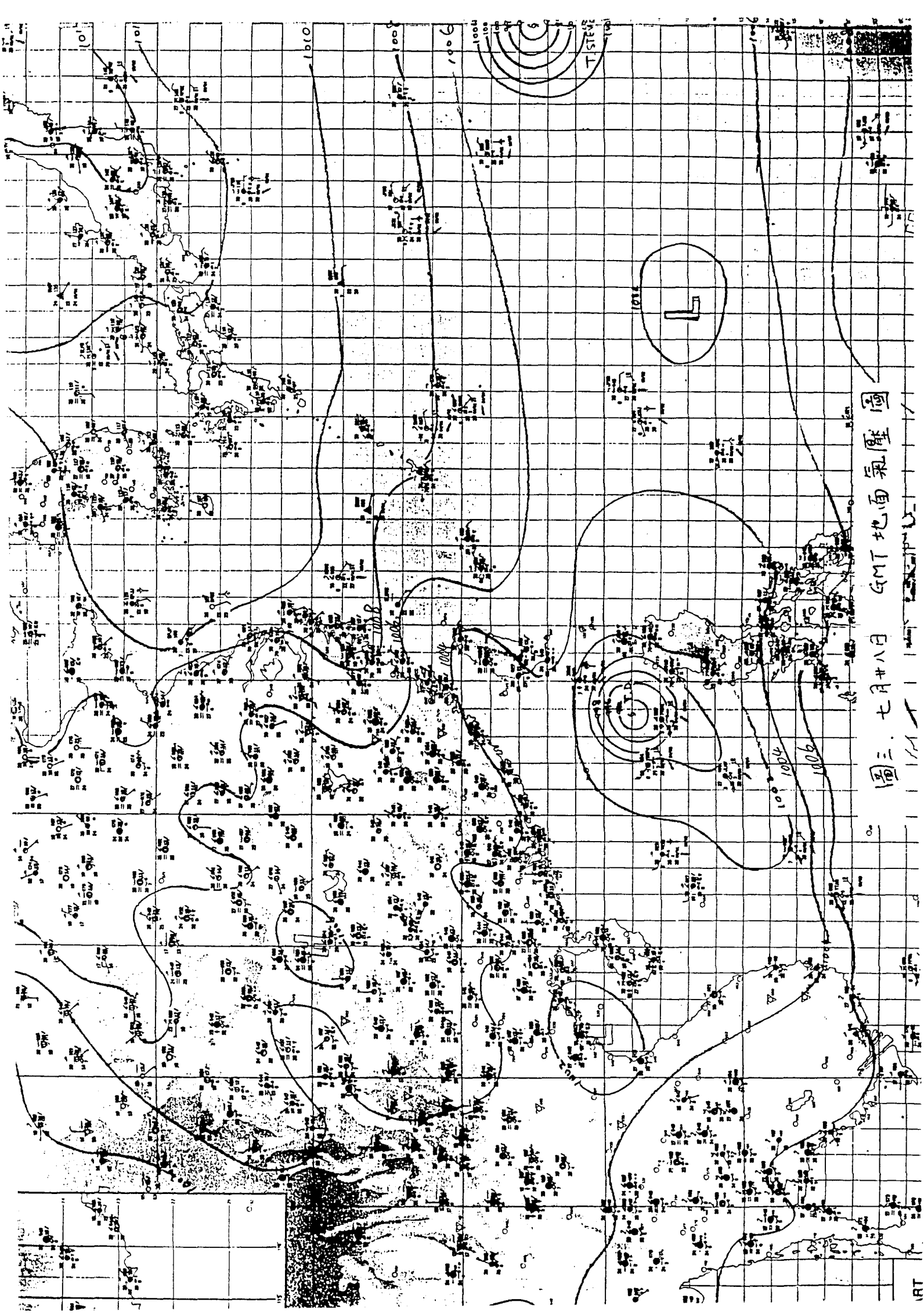
圖一. 泰莎之途徑
TRACK OF THSIA



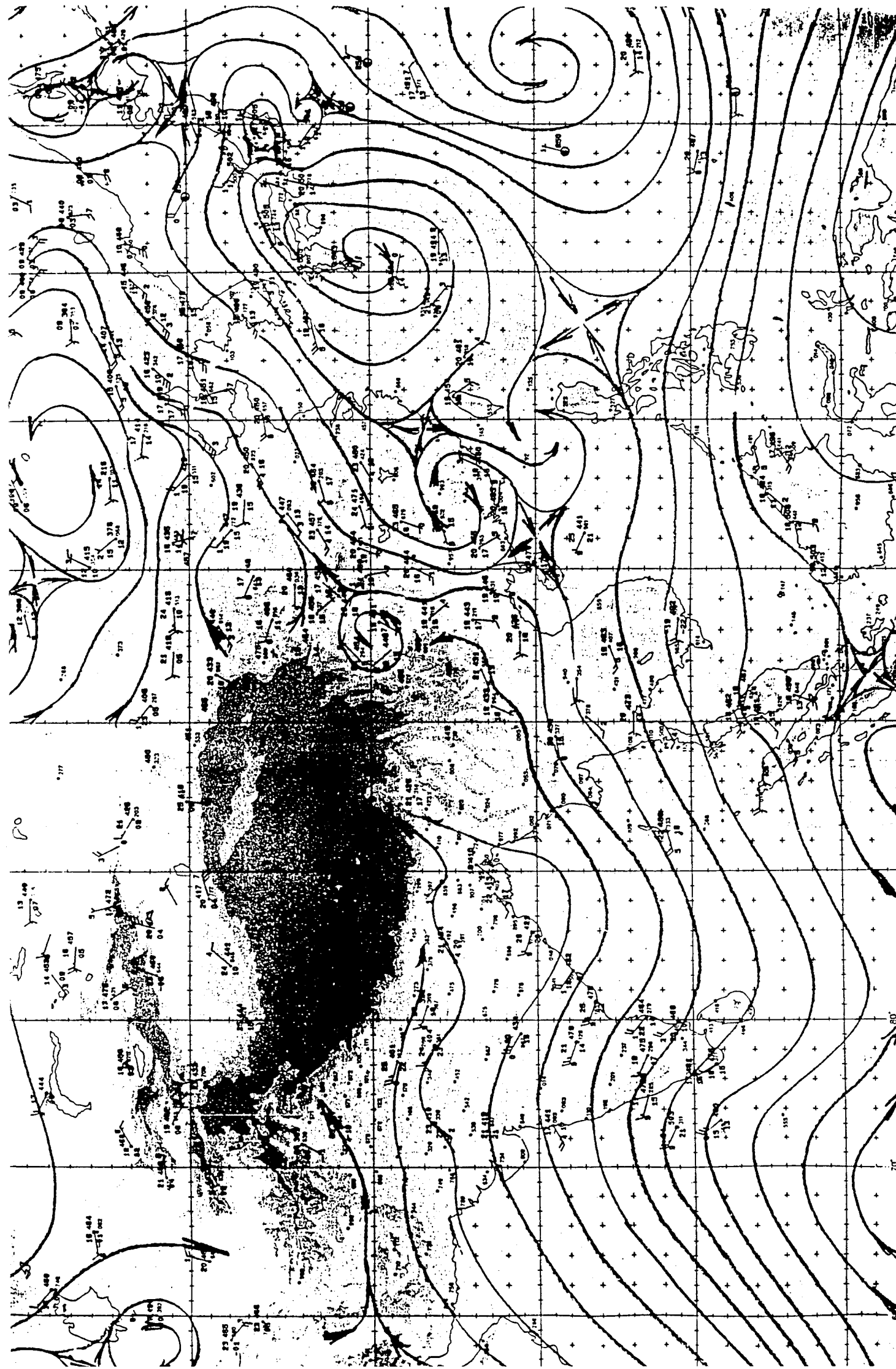


圖二 七月廿七日 GMT 地面氣壓圖

85-13



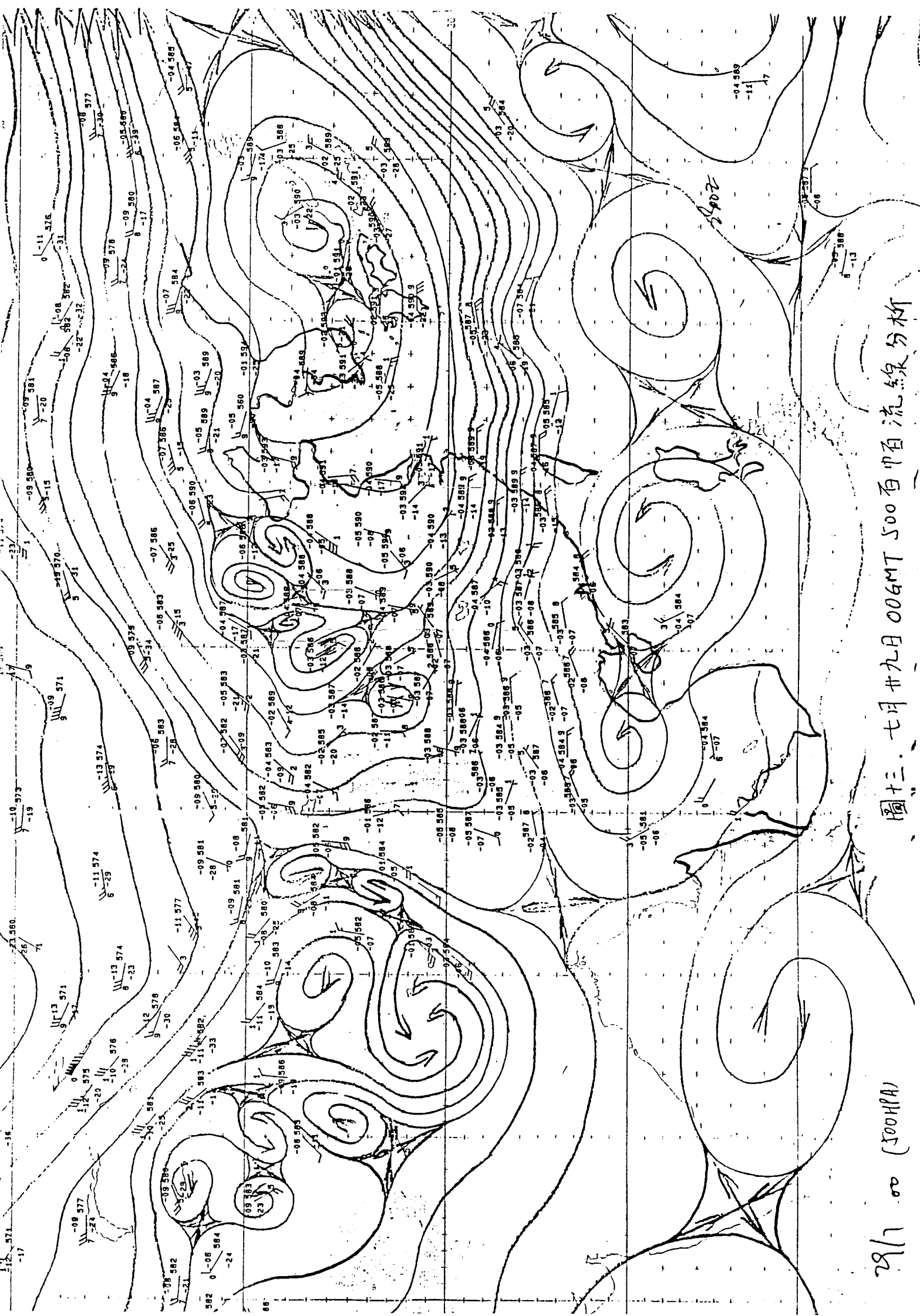
圖三. 七月廿八日 GMT 地面氣壓圖



Mercator Projection — Natural Scale 1:20 000 000 at Latitude 22°N

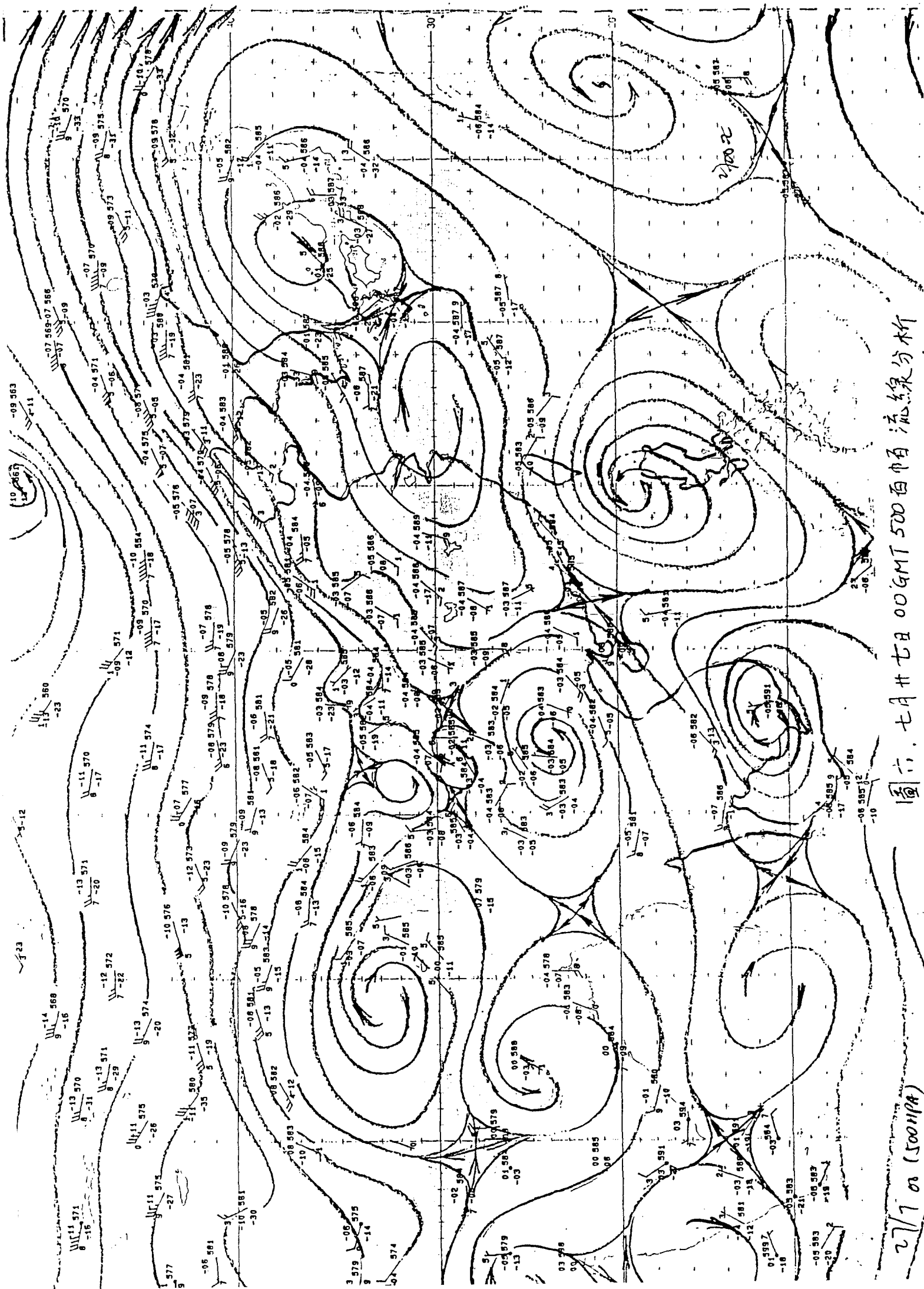
Wind at selected points is indicated in the following form. A full barb represents 5 m per second (10 knots), a half barb 2.5 metres per second (5 knots), in whole temperature, in whole

圖四. 七月廿七日 00GMT 850百帕 流線分析



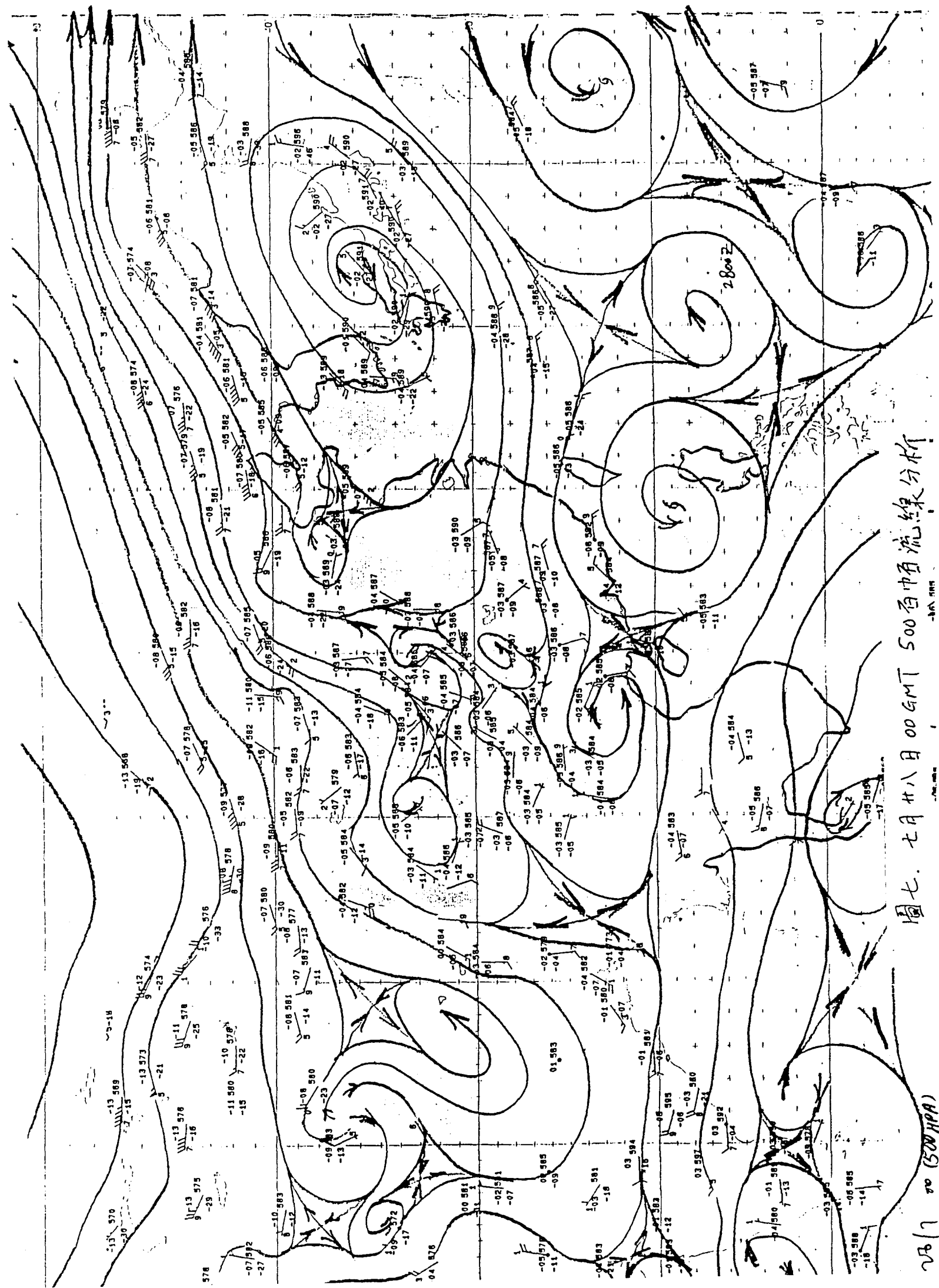
圖十三. 七月廿九日 00GMT 500百帕流線分析

28/7 00 (500HPA)



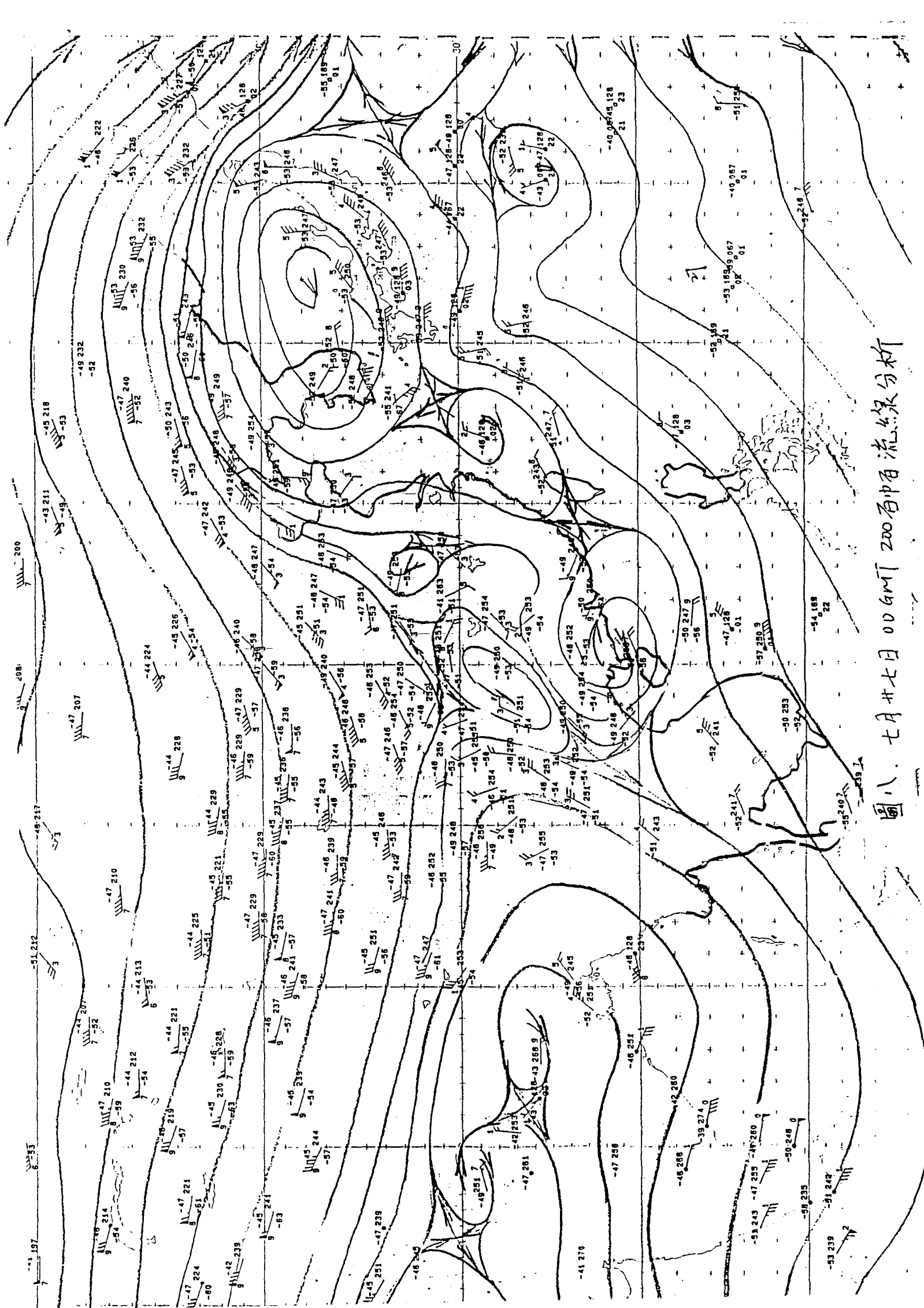
圖六. 七月廿七日 00 GMT 500 百帕流線分析

27/7 00 (500HPA)

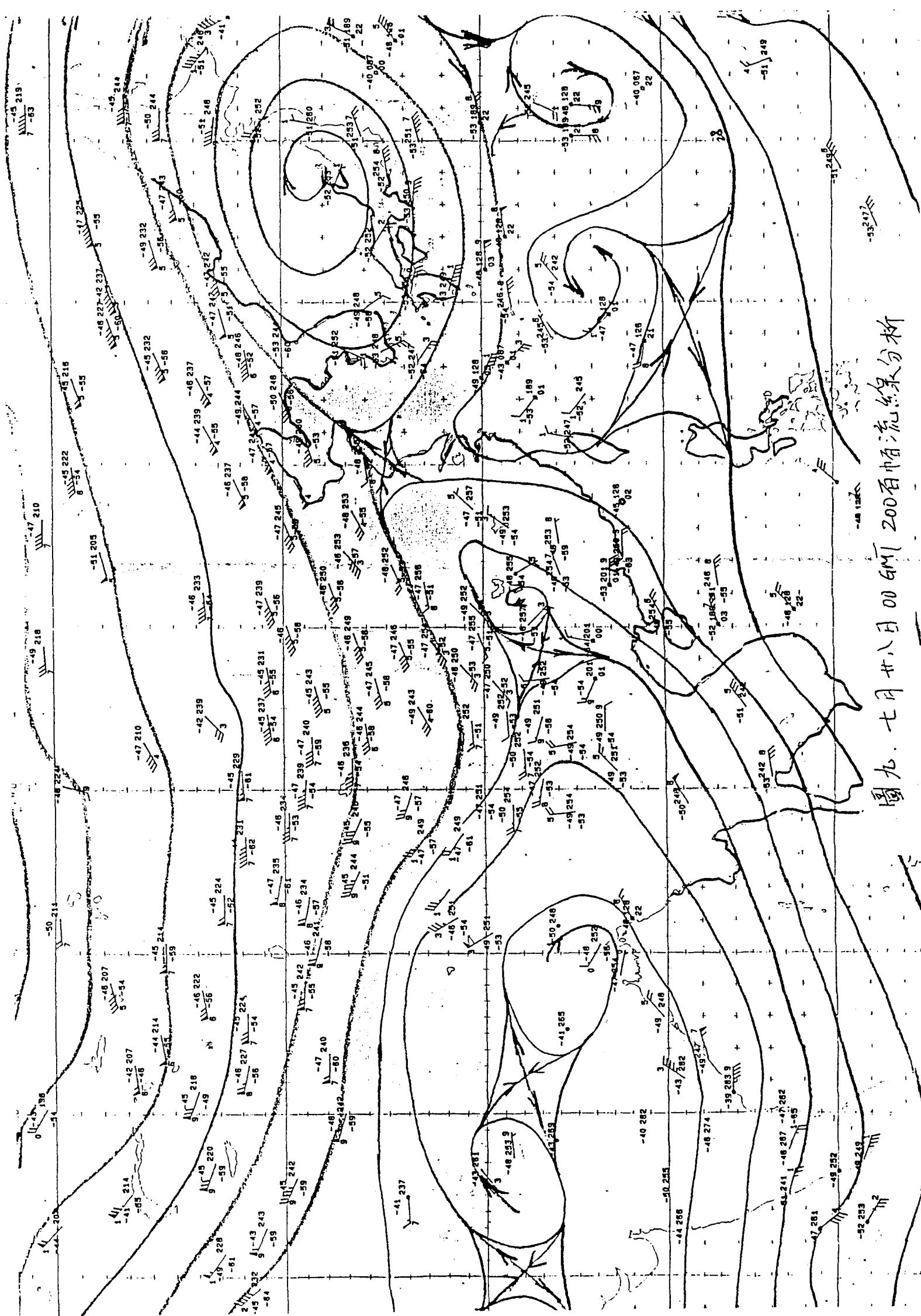


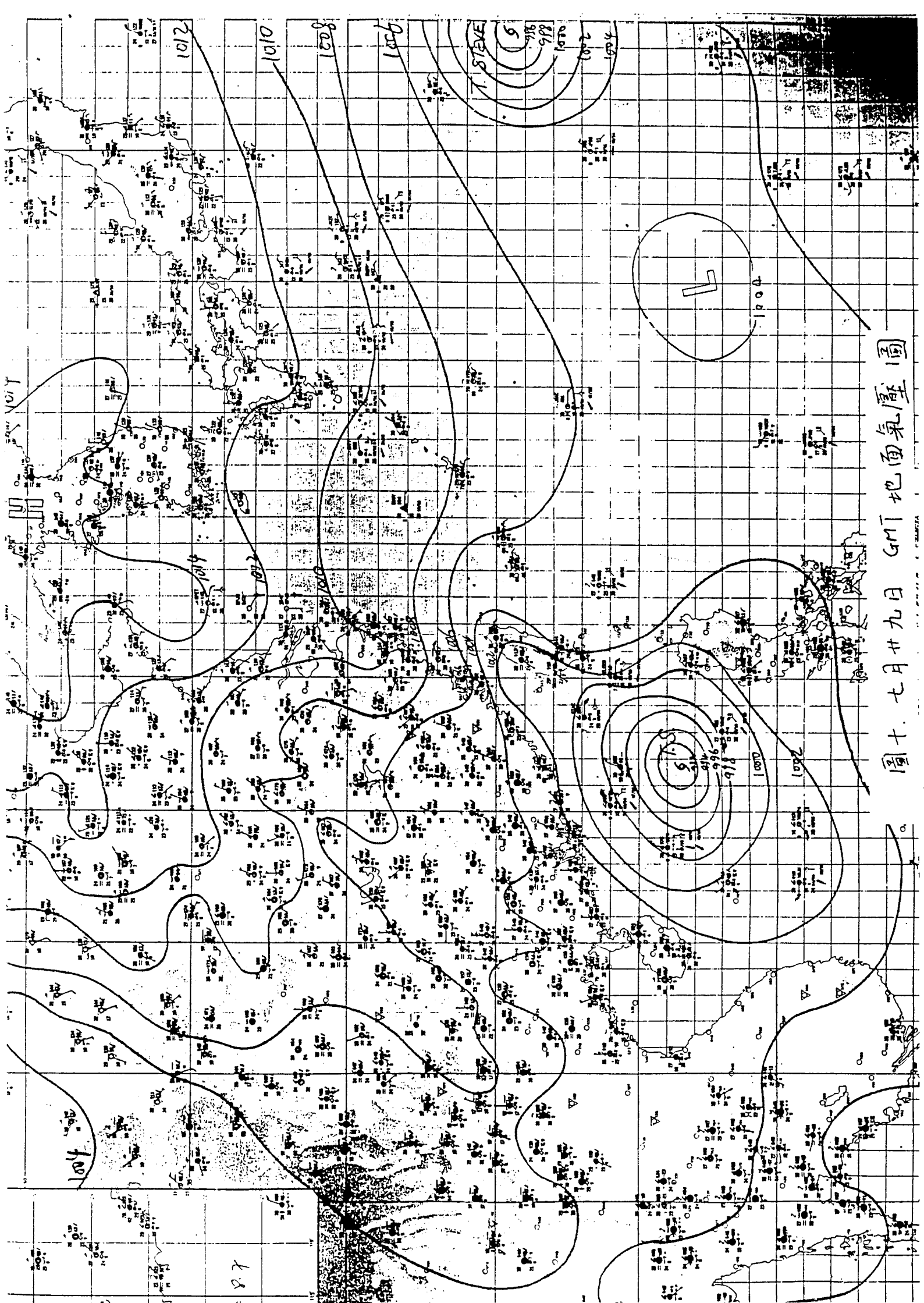
圖七. 七月廿八日 00 GMT 500 百帕中氣流線分析

28/7 20 (500 HPA)

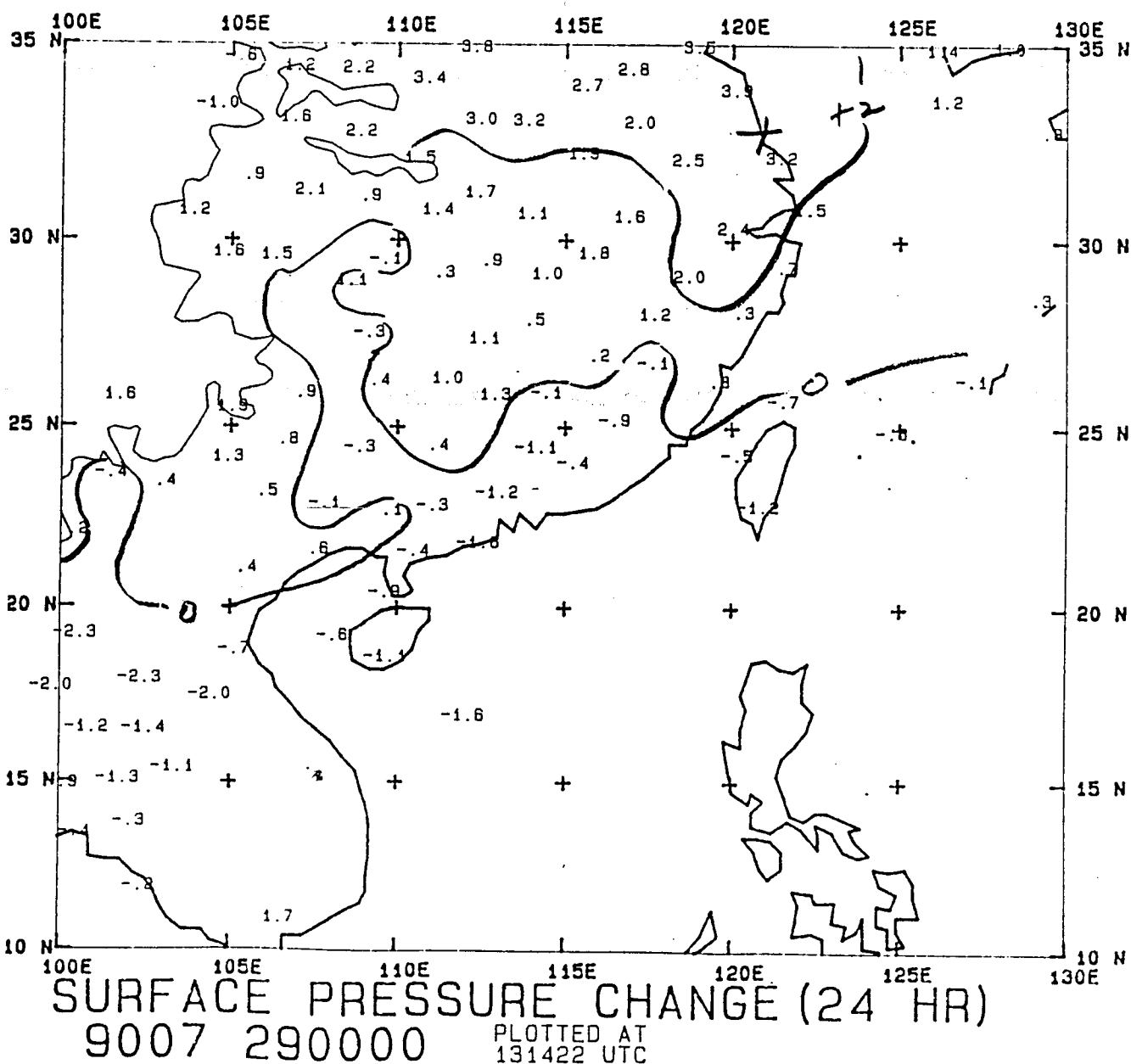


圖八. 七月廿七日 00 GMT 200 百帕流線分析

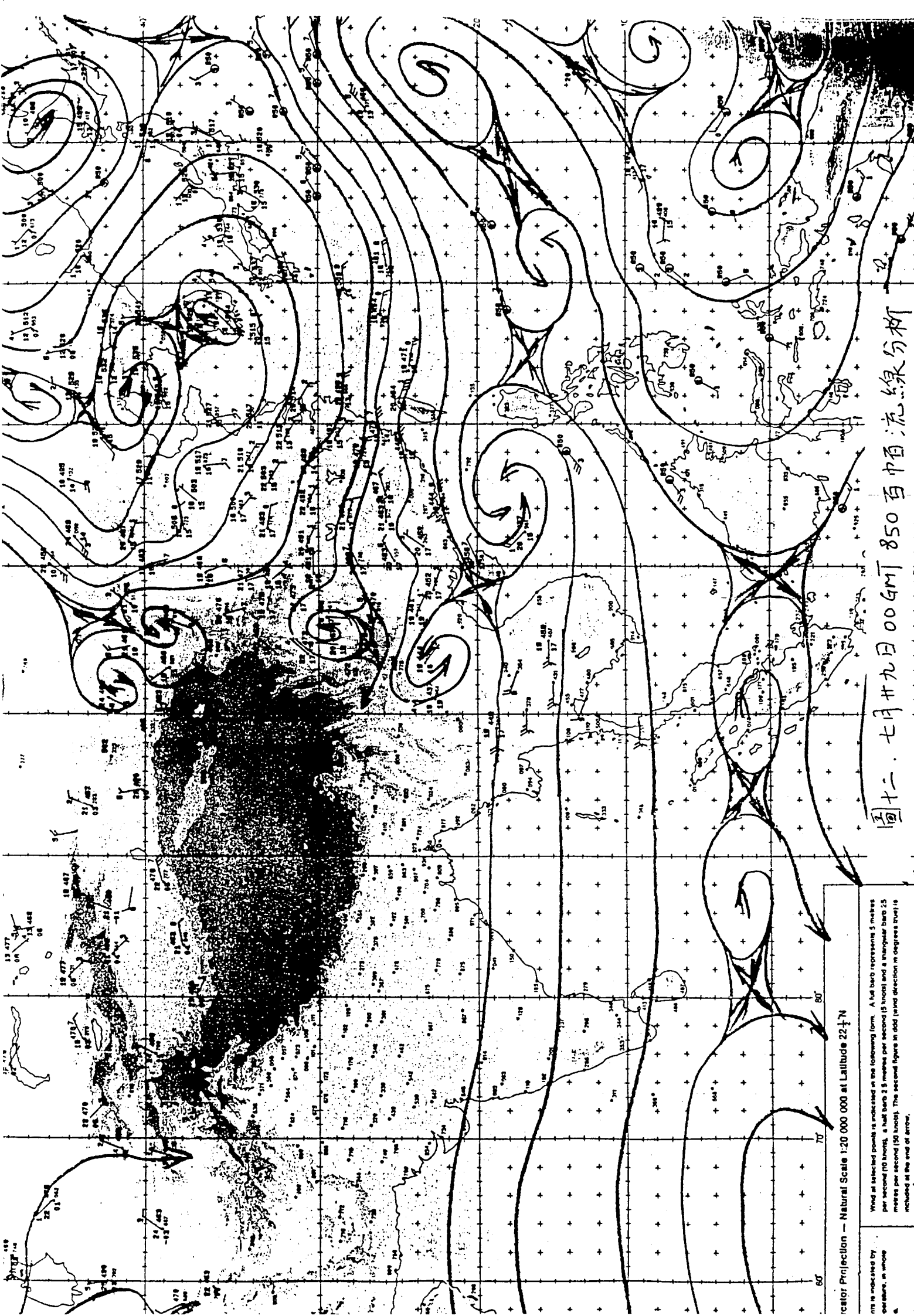




圖十. 七月廿九日 GM 地面氣壓圖



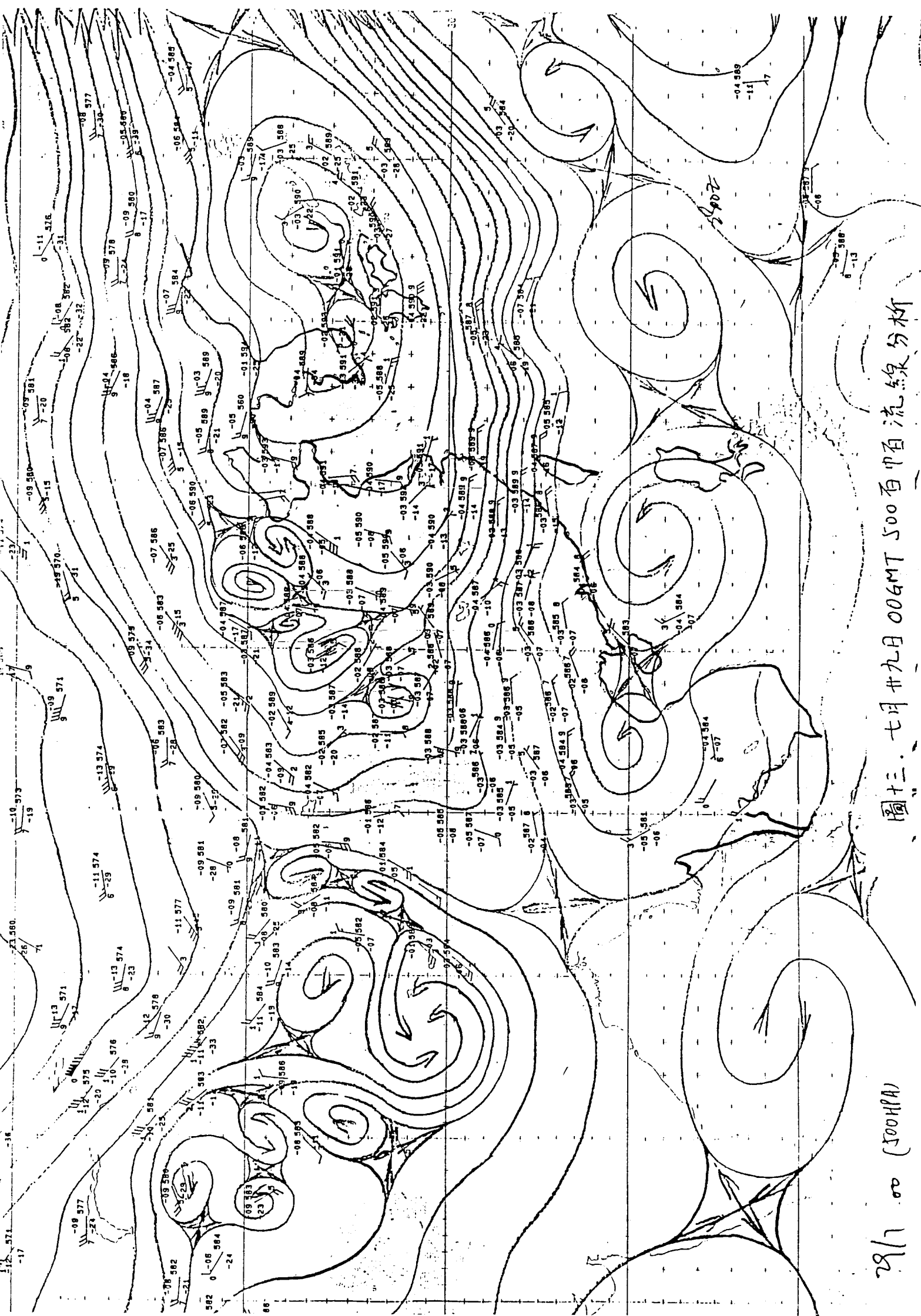
圖十一. 七月廿九日 00GMT 地面氣壓變化 (24 小時) 分析



圖十二. 七月廿九日 00 GMT 850百帕流線分析

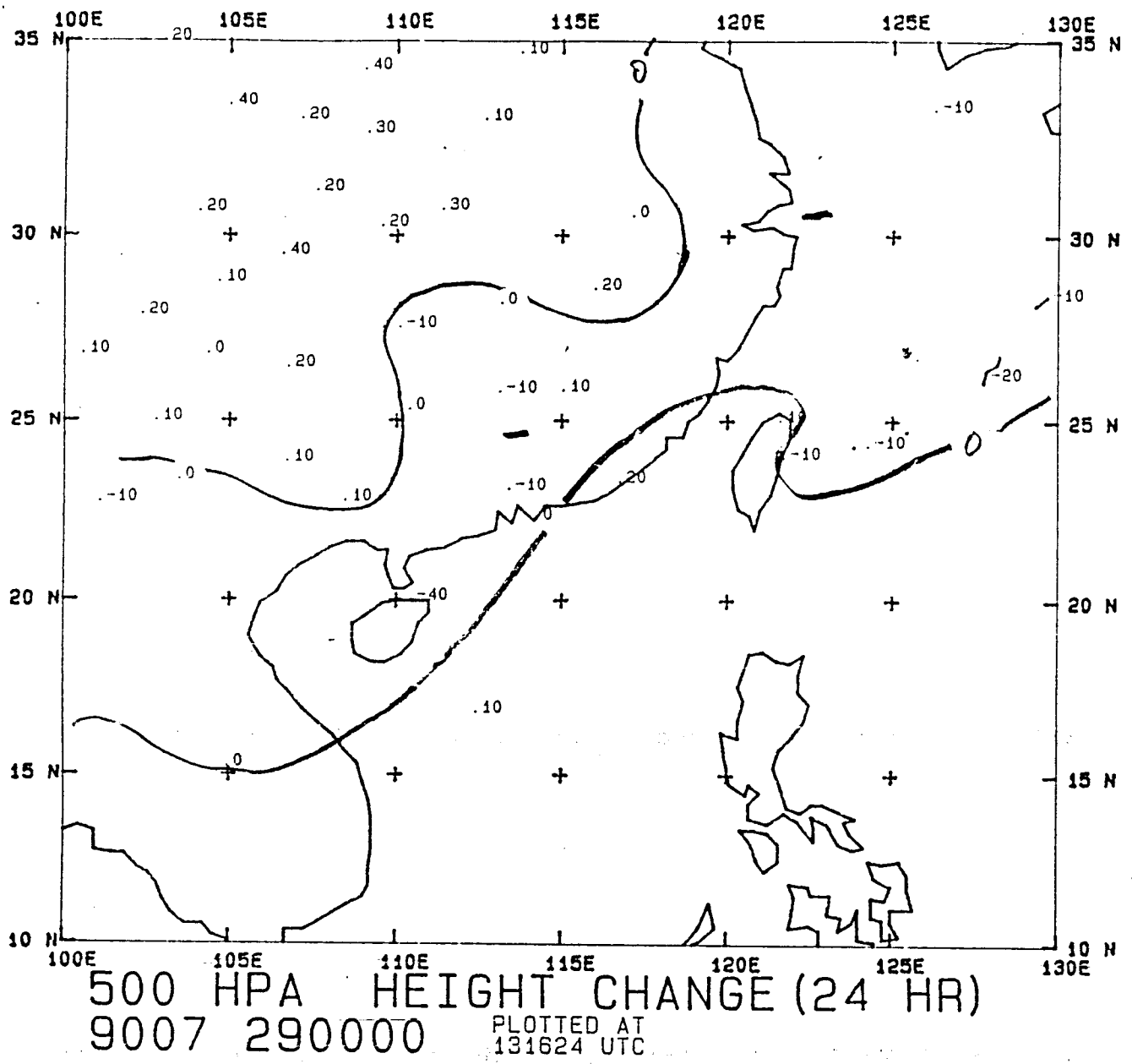
rector Projection — Natural Scale 1:20 000 000 at Latitude 22½°N

Winds are indicated by the following form. A full barb represents 5 metres per second (10 knots), a half barb 2.5 metres per second (5 knots) and a triangular barb 2.5 metres per second (5 knots). The second figure in odd (and direction in degrees true) is included at the end of arrow.

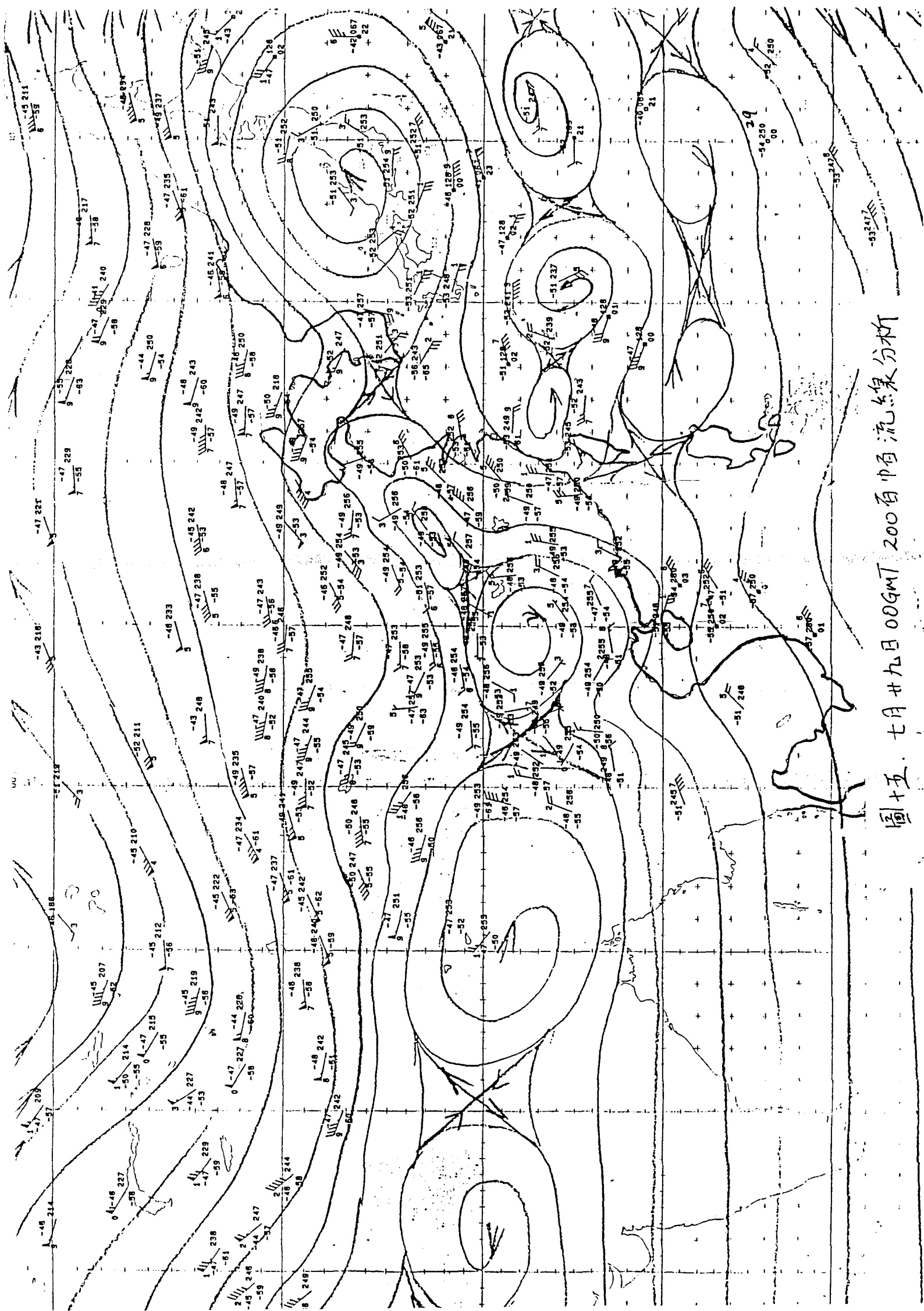


圖十三. 七月廿九日 00GMT 500百帕流線分析

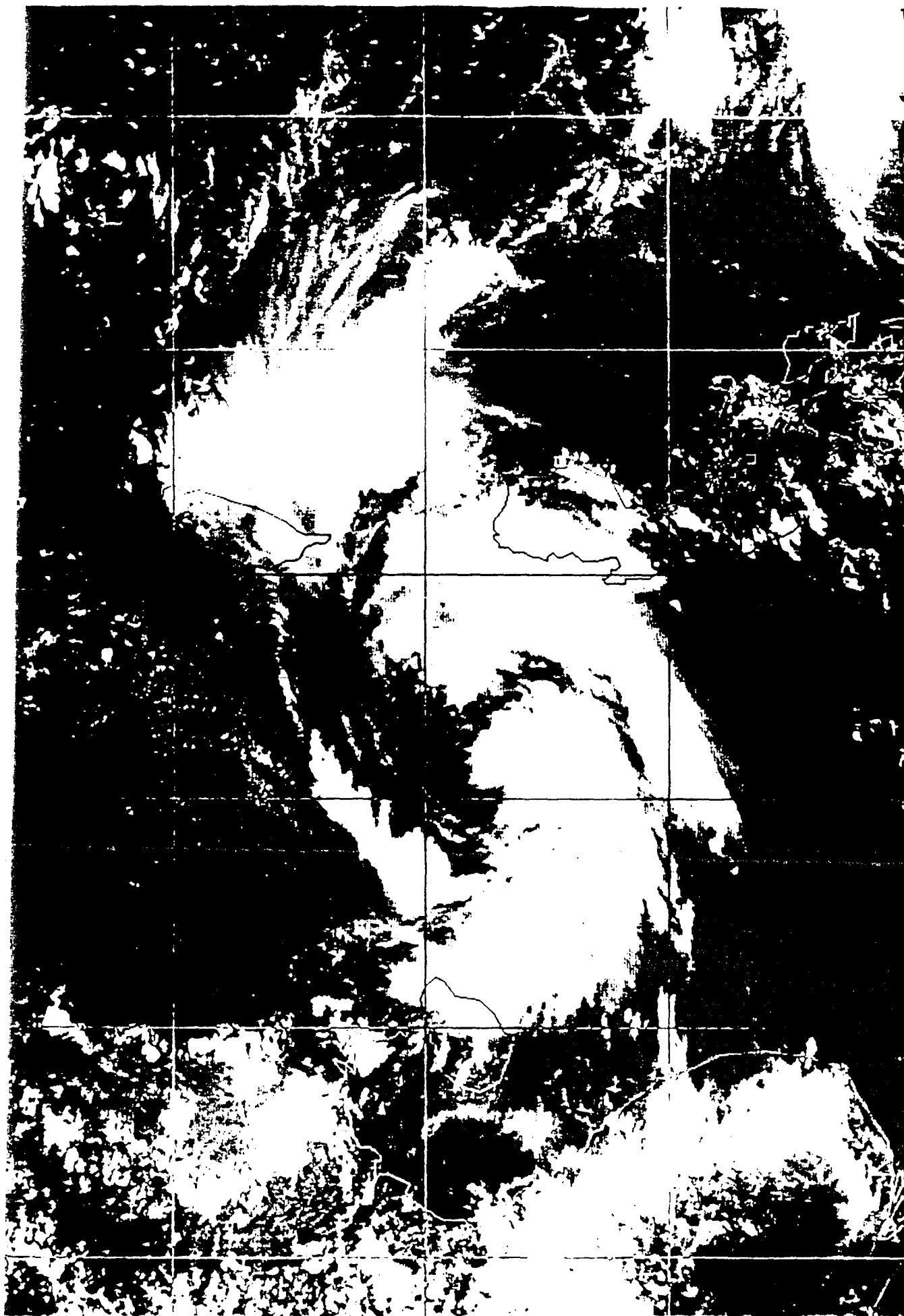
28/17 00 (500HPA)



圖十四. 七月廿九日 00 GMT 500 百帕位勢高度變化 (24 小時) 分析.

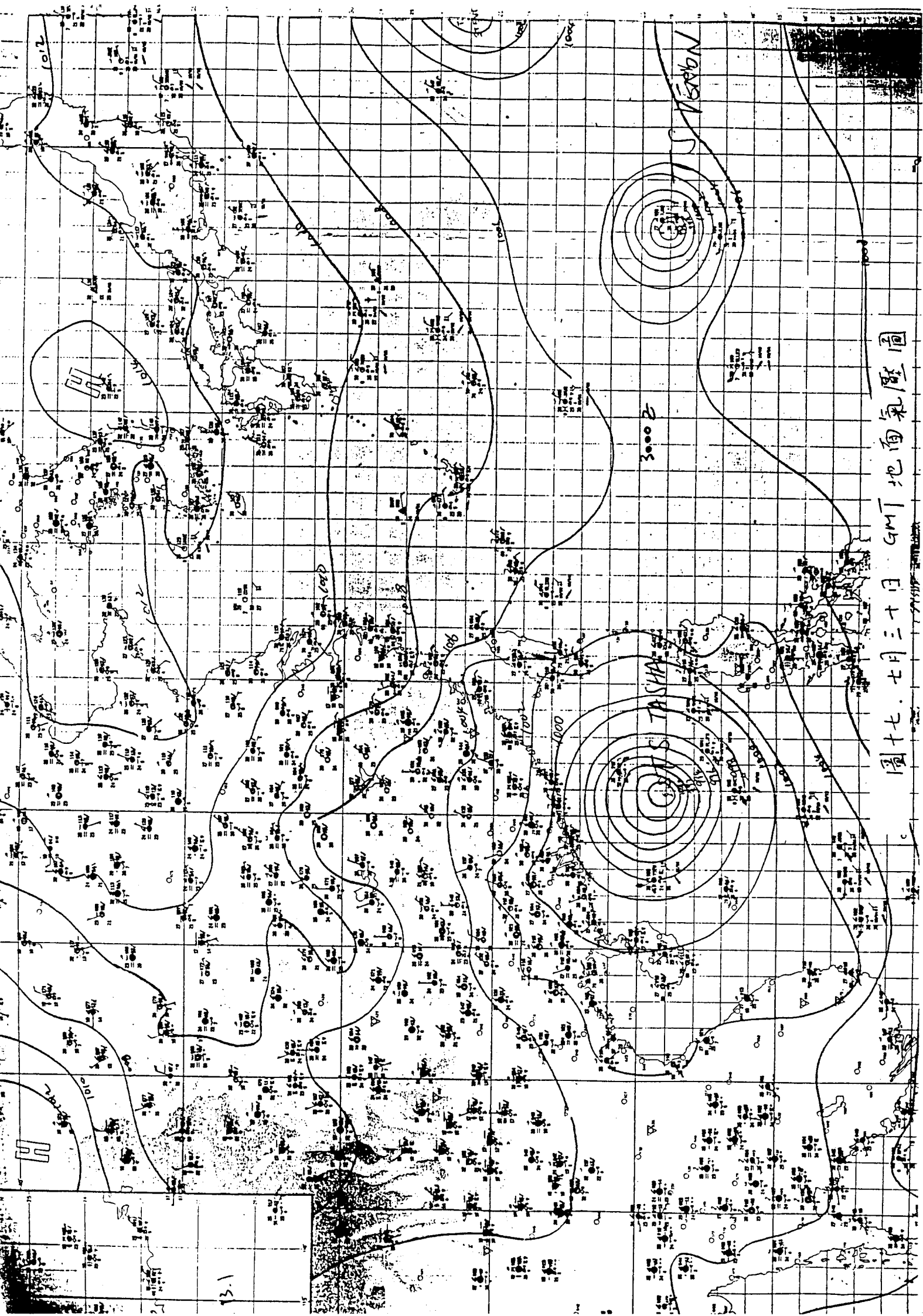


圖十五 七月廿九日00GMT 200百帕流線分析

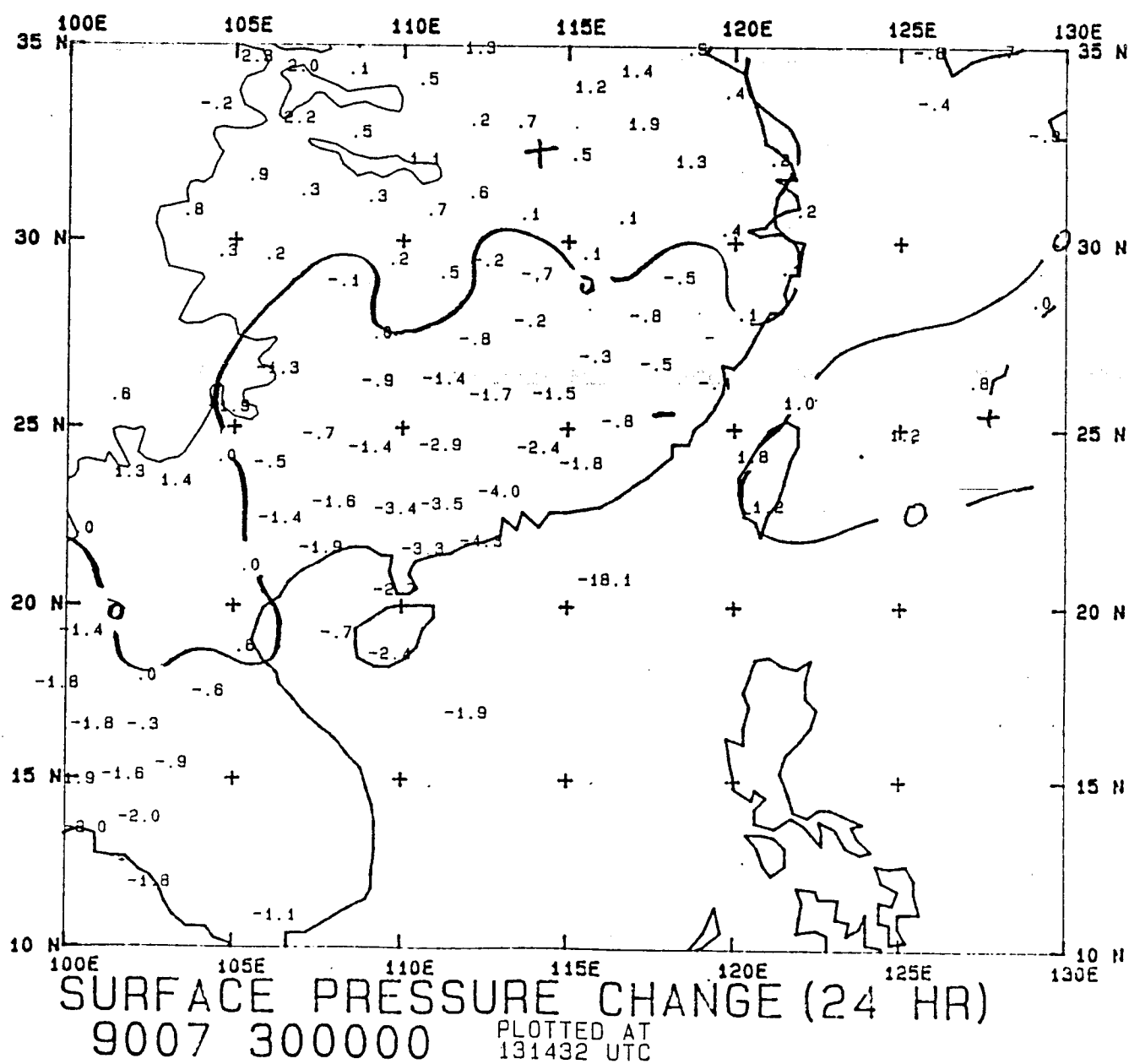


圖十、七月廿九日 06 GMT 衛星圖

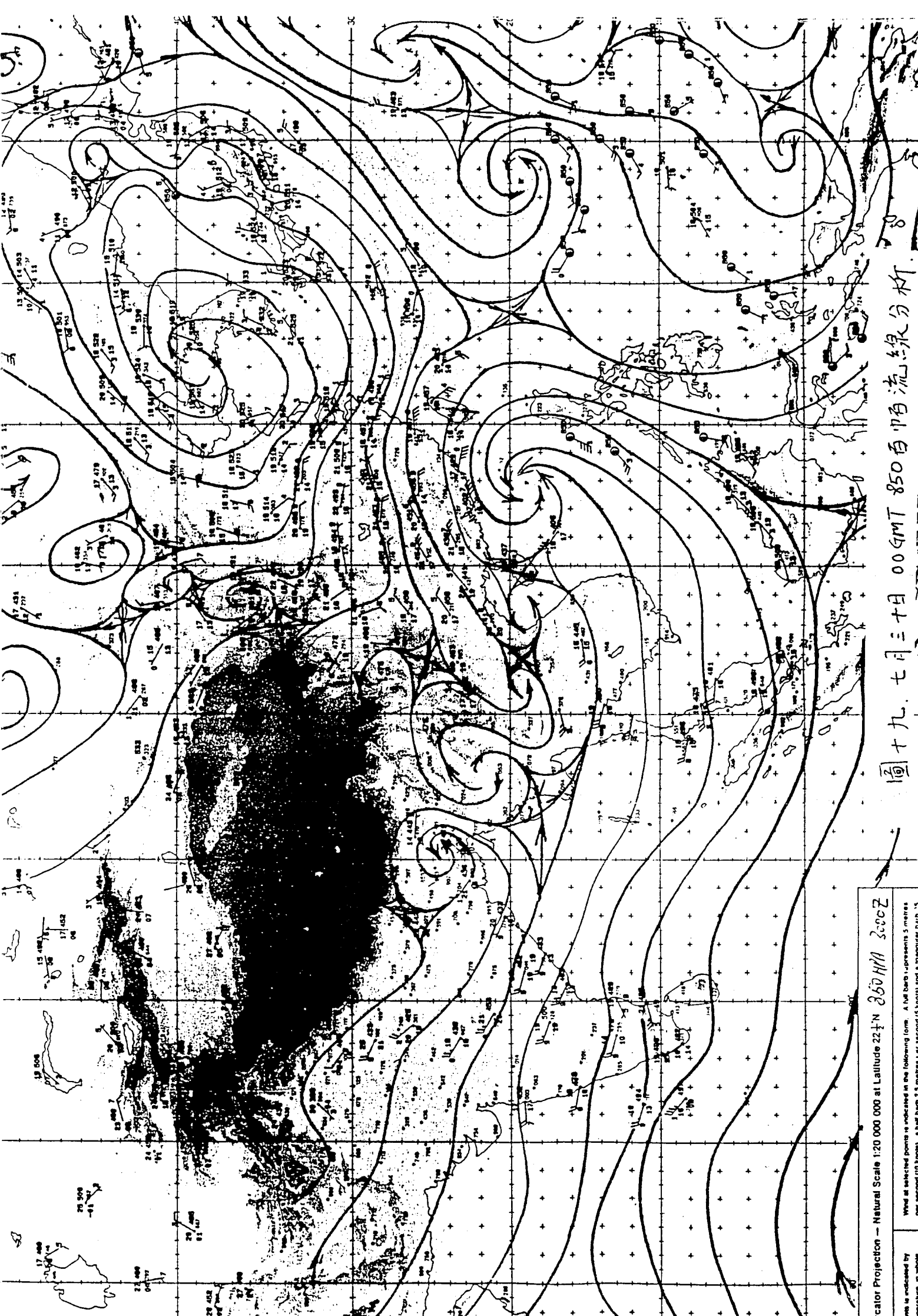
SPS-4 VIS 07/29/90 05:33(UTC)



圖十七. 七月三十日 1400 GMT 地面氣壓圖



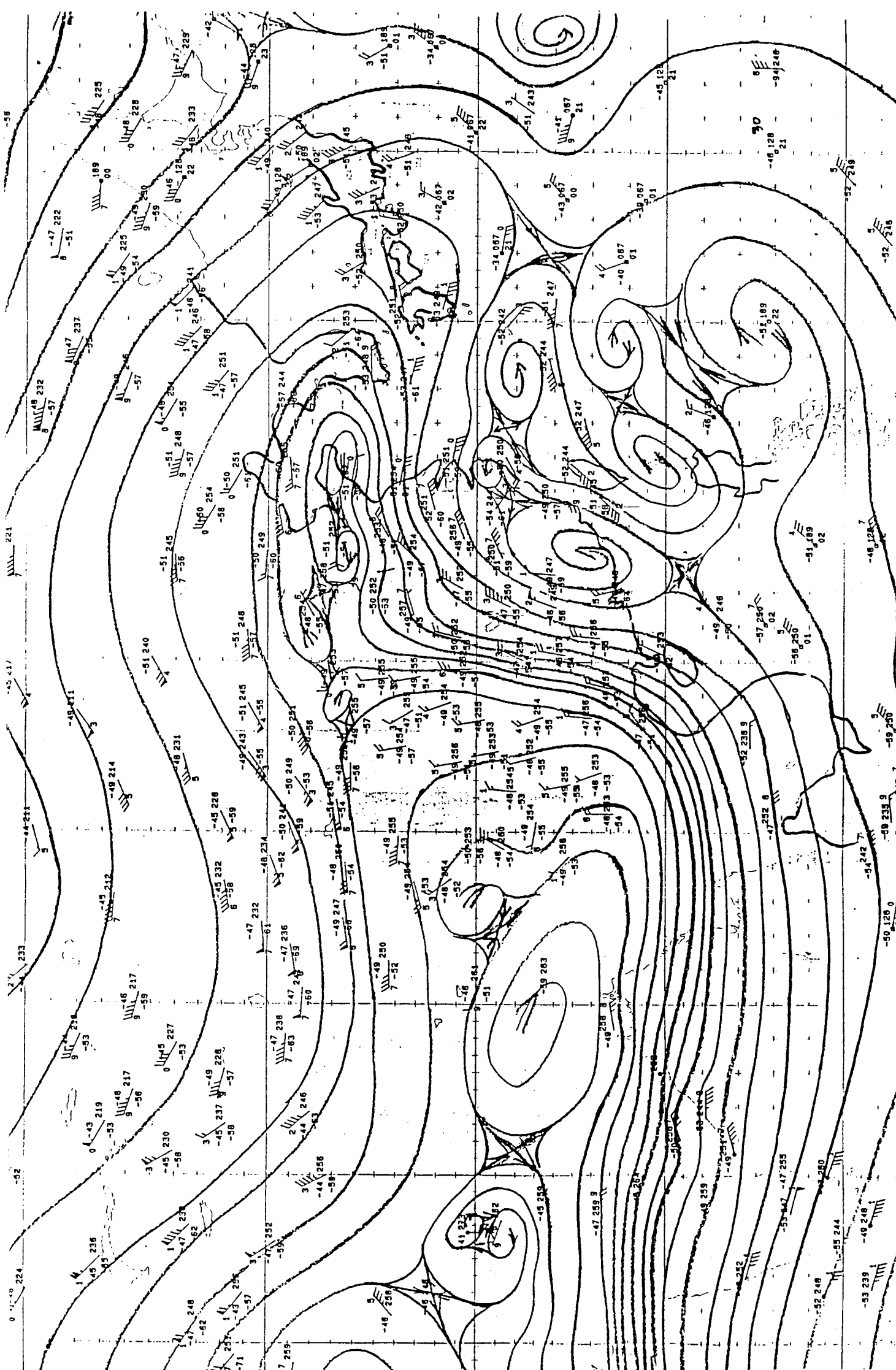
圖+八. 七月三十日 00GMT 地面氣壓變化(24小時)分析



圖十九. 七月三十日 00 GMT 850 百帕流線分析

icator Projection — Natural Scale 1:20 000 000 at Latitude 22½°N 260 HPA 3000Z

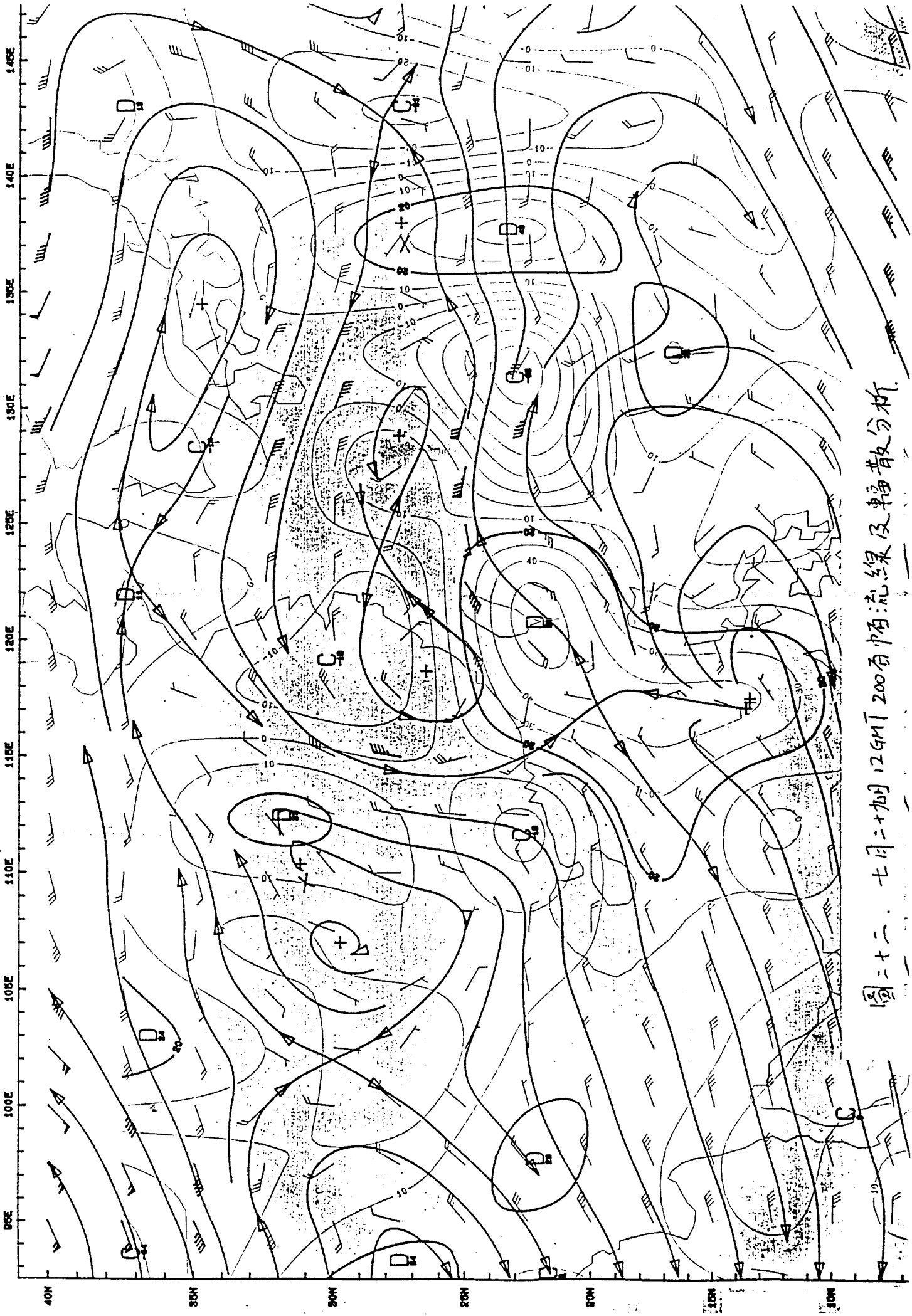
Wind at selected points is indicated in the following form. A full barb represents 5 metres per second (10 knots), a half barb 2.5 metres per second (5 knots) and a triquarter barb 1.25 metres per second (2.5 knots).



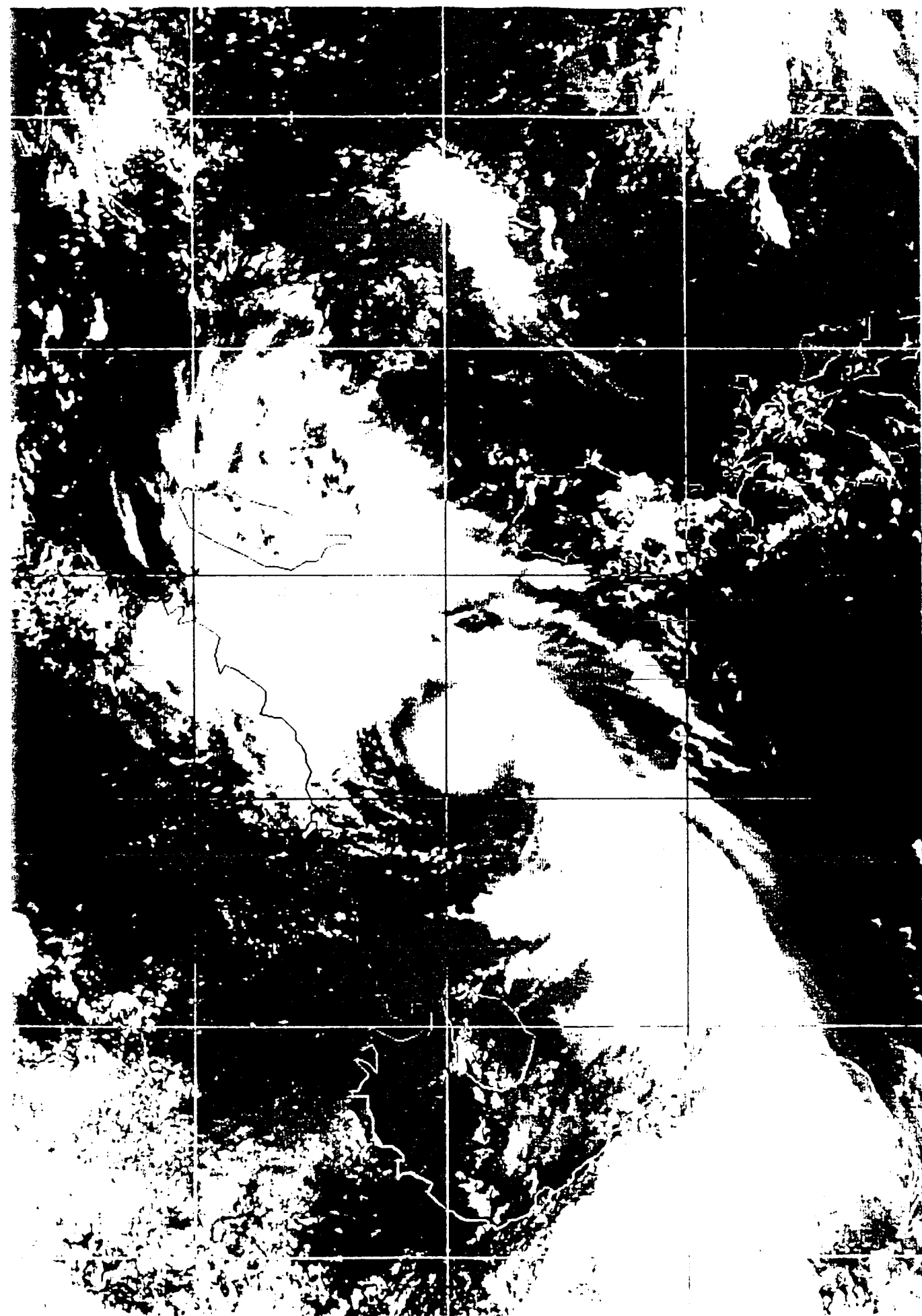
圖二十一. 七月三十日 00GMT 200百帕流線分析.

20WD 34/06 SUN 291200

ISC
PRE
BAS

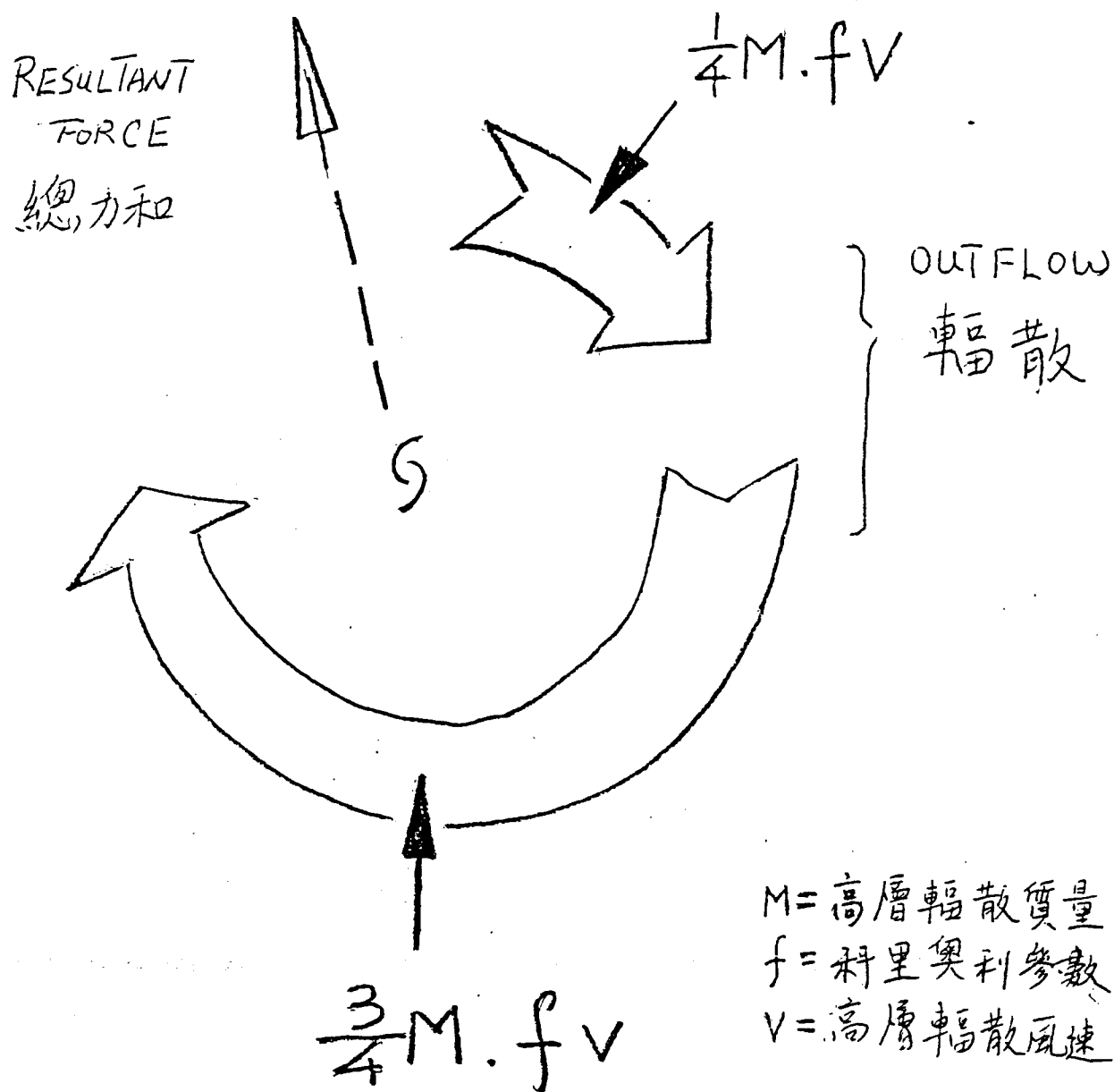


圖二十二. 七月二十加月 12GMT 200百帕流線及輻散分析.



圖二十三. 七月三十日 03 GMT 衛星圖

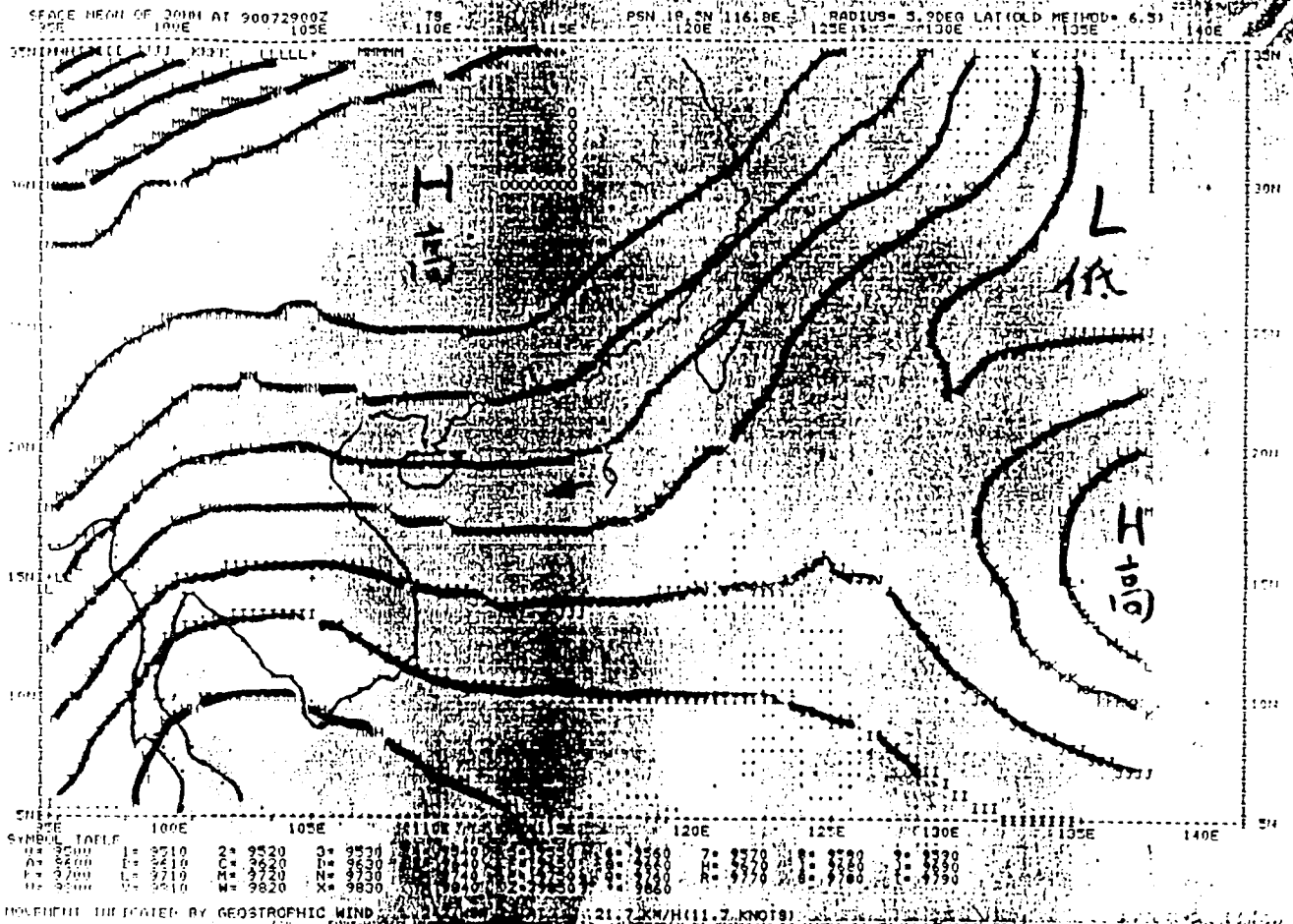
GIS-4 VIS 07/30/90 02:34 UTC



圖二+四、泰莎高層科里奧利力的分析

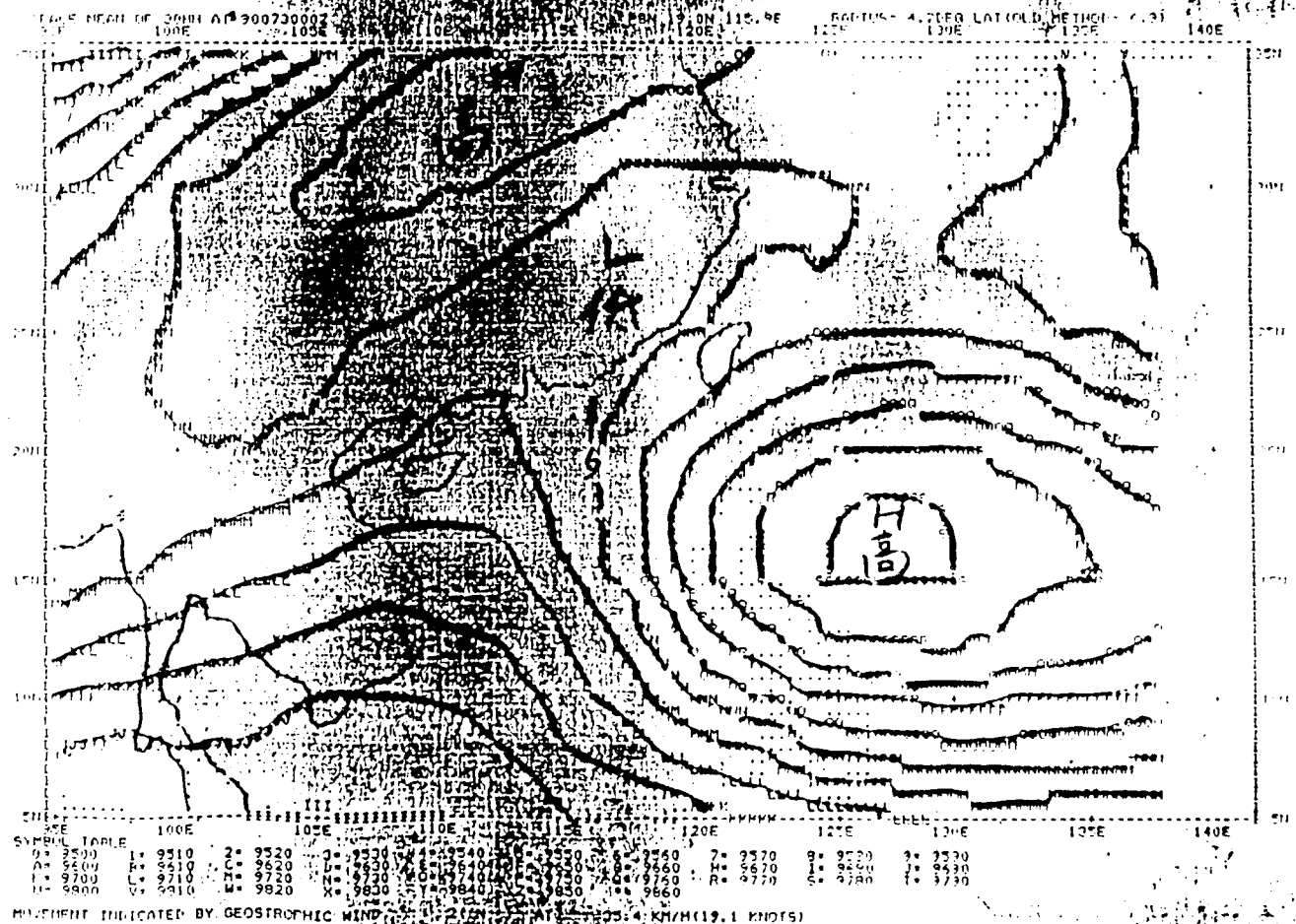
151211

七月二十九日 300百帕的等压平均流场 (00Z)



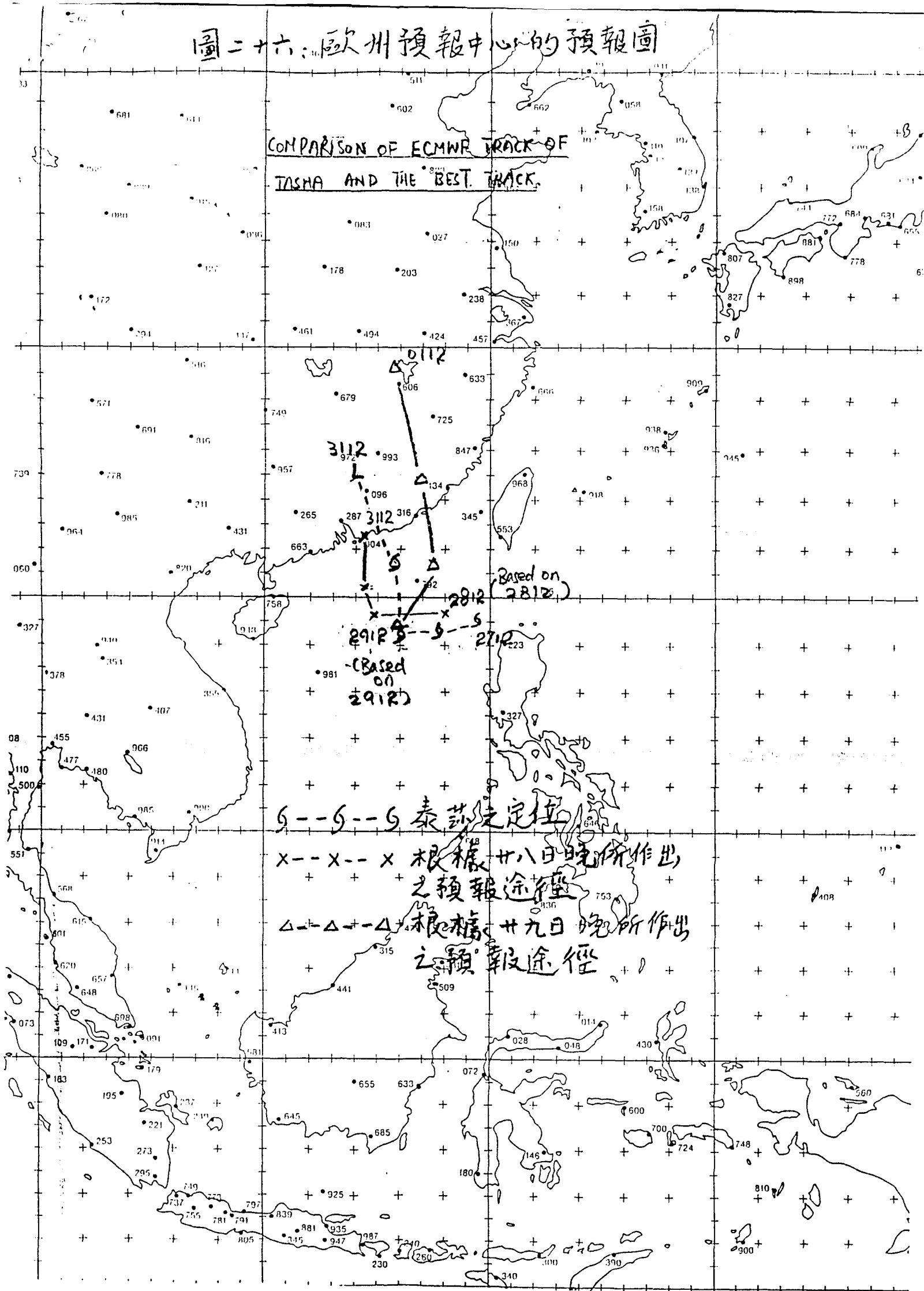
SPACE MEAN OF 300 HPA AT 3000 Z

七月三十日 300百帕的等压平均流场 (00Z)



圖二十六：歐洲預報中心的預報圖

COMPARISON OF ECMWF TRACK OF
TASHA AND THE BEST TRACK.



s--s--s 泰莎之定位
x--x--x 根據廿八日晚所作出
之預報途徑
△--△--△ 根據廿九日晚所作出
之預報途徑