

出國報告 (出國類別:實習)

# 中美合作天氣監測輔助系統發展 LAPS-GSI 觀測資料的導入與校驗

服務機關：交通部中央氣象局  
姓名職稱：鄭龍聰技佐  
派赴國家：美國  
出國期間：民國 96 年 11 月 28 日至 97 年 1 月 11 日  
報告日期：民國 97 年 1 月 15 日

## 中美合作天氣監測輔助系統發展—LAPS-GSI 觀測資料的導入與校驗

### 摘要

**LAPS-GSI** 是結合區域分析預報系統(**Local Analysis and Prediction System ; LAPS**)和網格統計內插(**Gridpoint Statistic Interpolation ; GSI**)的初始場分析方法。

**GSI** 是美國國家環境預報中心(**National Centers for Environmental Prediction ; NCEP**)目前正在發展使用的三維變分(**3DVAR**)分析方法。它提供多種資料的同化，包括傳統觀測、GPS、衛星觀測輻射量、雲觀測、臭氧觀測和雷達資料(都卜勒徑向速度、雷達回波)等，並結合模式背景場進行三度空間分析。對於背景誤差估計，其採用了 **NMC (National Meteorological Center)**統計方法，可以有效改善初始場的分析。

本報告除介紹 **GSI** 使用的二進位通用氣象資料格式 (**Binary Universal Form for the Representation of meteorological data ; BUFR**)外，另針對舊版 **GSI** 無法讀入觀測資料的問題，說明解決的過程，並比較新舊版本在分析上的差異。

## 目次

一、 目的 .....	1
二、 過程 .....	2
三、 心得 .....	3
(一) <b>Buf</b> r 格式的簡介與讀取說明 .....	3
(二) 除錯舊版 <b>GSI</b> 無法讀入觀測資料的問題 .....	7
(三) 新版觀測資料的導入與舊版的差異 .....	8
四、 建議 .....	9
參考文獻 .....	10
附表 .....	11
附圖 .....	20

## 一、 目的

準確數值天氣預報結果有賴準確模式初始場，資料同化在改善初始場分析上，扮演舉足輕重角色。目前三維變分資料同化(**3DVAR**)為最多作業單位使用，因其具有變分資料同化的特性與比四維變分資料同化節省計算資源的優點。

近幾年 **NCEP** 正發展的三維變分格點統計內插分析系統(**3DVAR Gridpoint Statistical Interpolation(Wu et al. 2002)**)，就是此類的同化方法，對改進初始場分析，可以得到有效改善。

此行赴美目的，在執行本局與 **NOAA/GSRL/GSD** 合作之天氣監測輔助系統發展計畫。此次工作分為兩項：第一為解決舊版 **GSI** 無法讀入觀測資料問題；第二為測試新版觀測資料系統。藉由此行短而緊湊工作旅程，完成 **GSI** 未完成功能，以利未來作業化的進行。

## 二、 過程

此次赴美行程及工作概述說明如下表：

日期	地點與相關工作內容
96/11/28	台北→洛杉磯
96/11/28	洛杉磯→丹佛→波德(Boulder)
96/11/29	赴NOAA/GSRL/GSD，與此行主要合作的對象謝元富博士，討論此行的工作目的與預計完成的目標。
96/11/29~96/12/17	針對舊版GSI無法順利讀入觀測資料的問題除錯。了解BUFR格式與GSI-PREP架構，撰寫讀取新版觀測資料的程式。期間每週與謝元富博士，針對程式與校驗部分的問題，進行工作討論。
96/12/18~97/1/9	針對新舊版本觀測資料導入系統，做比較測試，了解兩者差異。
97/1/11	波德(Boulder)→丹佛→洛杉磯
97/1/12	洛杉磯→台北

### 三、心得

#### (一) BUFR 格式的簡介與讀取說明

**BUFR**格式為世界氣象組織(WMO)因應各國氣象觀測資料互相交換，所發展出來的一種交換格式規格。它能反映氣象資訊的全貌，適應高速電路傳輸和電腦處理，因而在氣象業務和科技研發中得到了廣泛的應用。它具有自我敘述的能力，透過它的訊息檔能夠了解其資料型態及其排序。**BUFR**格式是一種二進位存放非網格的資料格式，開始於字元”**BUFR**”，結束於字元”**7777**”。其內容(稱之為訊息如表一)包含6節(section)如下：

1. 指標節(section0)：存放**BUFR**的**ASCII**碼，長度的訊息，和**BUFR**的版本如表二。
2. 識別節(section1)：描述資料產品的內容如表三。此識別節的長度可以隨著資料訊息長度而改變。
3. 選擇節(section2)：此節是屬於可選擇的如表四。當存在時，則可供本地端定義。
4. 資料描述節(section3)：包含描述元，描述資料類型和格式如表五。
5. 資料節(section4)：包含編碼的數據值如表六，依據資料描述節所定義的資料結構去描述。
6. 結束節(section5)：字元為”**7777**”如表七，提供解碼的一個檢查點。

大部分編碼或解碼的準則參考都存放在外部的**BUFR**對照表內，如下4種：

1. **Table A**：此表和識別節搭配，是用來區分資料類型如**表八**。
2. **Table B**：此表和資料描述節搭配，用來描述資料的單位和內容如 **表九**。
3. **Table C**：包含特別的編碼規則，是一個描述作用元的對照表如**表十**。
4. **Table D**：簡略的標示資料類別，縮短長資料訊息的描述如**表十一**。

**BUFR Table** 序列中有 ( )、{ }、<> 或 “ “n 是表示括符或引號內 Table 重複作用元，其重覆作用元說明如下：

- <>：使用 1-bit 重複作用元（0 次或 1 次重複）
- { }：使用 8-bit 重複作用元（0 至 255 次重複）
- ( )：使用 16-bit 重複作用元（0 至 65535 次重複）
- “ “n：表示 n 次重複作用元

觀測資料要能為**GSI**所讀取，必須先轉成**BUFR**格式：

1. 傳統資料**prepbufr**：水平氣壓場、溫度場、風速風向、濕度、凝結水和海溫的讀取。

2. 遙測資料：

雷達資料(**radarbufr**)：徑向風場讀取

**GPS**資料(**gpsbufr**)：**GPS**掩星資料的讀取

衛星**AQUA**資料(**airsbufr**)：亮度溫度的讀取

衛星**AVHRR**資料(**avhrrbufr**)：亮度溫度的讀取

衛星**GOES**資料(**goesimbufr**)：亮度溫度的讀取

...

目前已可使用的衛星資料有：

●**NOAA** 衛星：

**AMSU-A**(先進微波探測儀 A 型)

**AMSU-B**(先進微波探測儀 B 型)

**HIRS/3**(高解析紅外線探測儀)

**HIRS/4**(高解析紅外線探測儀)

●EOS/AQUA 衛星：

**AIRS** (大氣紅外線探測儀)

**BUFR** 資料讀取程序說明：

1. Open **BUFR** file (unformatted file)
2. 啓動及連結 **BUFRLIB**
3. 讀取 **BUFR** 檔案之 **Table A** 及日期
4. 確定是否有 **BUFR** 資料存在
5. 若否有 **BUFR** 資料存在，則讀取 **BUFR** 資料
6. 讀完 **BUFR** 資料後，重複步驟 4
7. 若無 **BUFR** 資料存在，重複步驟 3，再確定是否有新的 **Table A** 及日期存在
8. 若有新的 **Table A** 及日期存在，則重複步驟 4 若無新的 **Table A** 及日期存在，則終止 **BUFRLIB**
9. Close **BUFR** file

## (二) 除錯舊版 GSI 無法讀入觀測資料的問題

舊版 **GSI** 在本局測試，有觀測資料無法完全讀入的問題。經校驗測試，發現觀測資料只在土壤濕度(**SMOIS**)這變數有讀入如圖一，其他變數則否。經追蹤測試，發現問題原因如下：

### 1. 觀測資料 **BUFR** 表少 **qc** 資料

在除錯過程中，發現讀入觀測資料個數呈現 0，且在執行過程會中斷跳出，顯示某環節出問題。經對照比較，發現少了 **quality control** 資料。在補齊遺漏資料後，分析過程可以順利進行。

### 2. 觀測資料 **BUFR** 表變數型態號碼有誤

雖然 **GSI** 已可順利進行分析，但分析結果仍未改善。經反覆檢視程式碼是否有誤，才發現問題在觀測資料轉成 **BUFR** 格式時，給予的型態號碼有誤，才導致觀測資料仍無法順利讀入。利用 **PREPBUFR** 對照表如圖二，找出正確的型態號碼，才將問題解決，順利將觀測資料讀入。

### (三) 新版觀測資料的導入與舊版的差異

新舊版本觀測資料導入的差異，在於資料的整合與更新。舊版是個別讀入觀測資料，再轉成 bufr 格式；新版是將觀測資料一次整合成 **BUFR** 格式，再讀入。因此新版觀測資料的導入會比舊版有效率。

舊版由於是未完成的版本，所以仍有問題存在。雖已解決觀測資料讀入問題，但只能讀進風場和溫度場變數，因此利用這有限的觀測資料做分析，對分析結果一定不理想。

爲了改進舊版觀測資料讀入不足問題，改用新版。藉由觀測資料一次整合，例如傳統資料轉成 prepbufr、雷達資料轉成 radarbufr、衛星資料轉成各類衛星 **BUFR** (airsbufr、avhrrbufr...)等，當需要時，再取出使用。

新版它的優點不只執行起有效率，且有更新功能。當有新觀測資料加入，在觀測資料類型對照表如圖三，找到相對映的資料形態，或另外新定義 1 個新類型表，就可以更新使用，具備了效率與延展性。

圖四是舊版 **GSI** 分析台灣區域 850hPa 的溫度初始場；圖五是新版 **GSI** 分析台灣區域 850 hPa 的溫度初始場。比較兩圖發現，舊版溫度分析場 12 度 C 線，在台灣東部外海有 1 明顯突出的冷舌出現，不同於新版分析和緩。爲了驗證這樣突出出現的冷舌是否合理，對照同時間 **GSD-LAPS** 分析的溫度初始場如圖六，結果發現跟舊版分析確實有很大出入。

可見只有少許觀測資料的讀入，無法有效修正背景場的影響，唯有較多觀測資料的讀入，才能有效改善背景場造成的誤差，對於資料在初始化過程，準確性才能提升。

#### 四、 建議

此次赴美 **NOAA/GSD** 參與中美合作之天氣監測輔助系統發展計畫，將 **GSI** 未完成的工作順利完成。目前 **LAPS-GSI** 離成熟版本還有一段距離，但已能進行測試分析，只要在未來，將待補強的部分完成，對於未來還是有很大進步空間。

1. 目前已完成傳統 **BUFR** 觀測資料的導入，衛星和雷達觀測資料，雖已轉成 **BUFR** 格式，但還未整合進 **GSI**，對於分析上還不足，因此未來還需持續完成。
2. 未來將針對 **GSI** 結合模式的預報，進行測試，並校驗其預報結果。
3. 背景誤差協方差(**background error covariance**)的統計，對 **GSI** 有舉足輕重的影響，如何得到有效的代表性背景誤差，在未來是個值得深入研究的課題。

極短時天氣預報及定量降水預報的問題，極為困難且複雜，分析系統的設計和程式的撰寫，也不是一蹴可及，惟有不斷研究改進，才能持續提升預報準確度。

## 參考文獻

Wu. W.-S., R. J. Purser, and D. F. Parrish, 2002: Three-dimension variational analysis with spatially in homogeneous covariances. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2905-2916.

表一、 BUFR 格式内容

Section 0	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
Section number	Name	Contents			
0	Indicator Section	“ <b>BUFR</b> ” ASCII code 、 length of message, BUFR edition number			
1	Identification Section	Length of section, identification of message			
2	Optional Section	Length of section and additional items for local use by data processing centers			
3	Data Description Section	Length of section, number of data subsets, data category flag, data compress flag, and a collection of data descriptors which define the form and content of individual data elements.			
4	Data Section	Length of section and binary data			
5	End Section	“ <b>7777</b> ” ASCII code			

表二、 BUFR Section 0 格式

<b>Section 0</b>	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
<b>Byte no.</b>	<b>Contents</b>				
<b>1-4</b>	<b>“BUFR” ASCII code</b>				
<b>5-8</b>	<b>Total length of BUFR message in bytes</b>				
<b>8</b>	<b>BUFR edition number (currently 3)</b>				

表三、 BUFR Section 1 格式

Section 0	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
<b>Byte no.</b>	<b>Contents</b>				
<b>1-3</b>	<b>Length of section, in bytes</b>				
<b>4</b>	<b>BUFR master table number</b>				
<b>5</b>	<b>Originating/generating sub-centre (define by centre)</b>				
<b>6</b>	<b>Originating/generating centre</b>				
<b>7</b>	<b>Update sequence number</b>				
<b>8</b>	<b>Bit 1=0 No optional section; Bit 1=1 optional section included</b>				
<b>9</b>	<b>Data category (BUFR Table A) (256 data category)</b>				
<b>10</b>	<b>Data sub-category</b>				
<b>11</b>	<b>Version number of master tables used</b>				
<b>12</b>	<b>Version number of local tables used to augment the master table in use</b>				
<b>13</b>	<b>Year of century</b>				
<b>14</b>	<b>Month</b>				
<b>15</b>	<b>Day</b>				
<b>16</b>	<b>Hour</b>				
<b>17</b>	<b>Minute</b>				
<b>18</b>	<b>Reserved for local use by ADP centres</b>				

表四、 BUFR Section 2 格式

Section 0	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
<b>Byte no.</b>	<b>Contents</b>				
<b>1-3</b>	<b>Length of section, in bytes</b>				
<b>4</b>	<b>Set to zero (reserved)</b>				
<b>5-</b>	<b>Reserved for use by ADP centres</b>				

表五、 BUFR Section 3 格式

Section 0	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
<b>Byte no.</b>	<b>Contents</b>				
<b>1-3</b>	<b>Length of section, in bytes</b>				
<b>4</b>	<b>Set to zero (reserved)</b>				
<b>5-6</b>	<b>Number of data subsets</b>				
<b>7</b>	<b>Bit 1 =0 observed data; Bit 1=1 other data</b> <b>Bit 2 =0 compressed data, Bit 2=1 non-compressed data</b> <b>Bit 3-8 set to zero (reserved)</b>				
<b>8-</b>	<b>A collection of descriptors which define in form and content of individual data elements comprising one data subset in the data section (Section 4)</b>				

表六、 BUFR Section 4 格式

Section 0	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
<b>Byte no.</b>	<b>Contents</b>				
<b>1-3</b>	<b>Length of section, in bytes</b>				
<b>4</b>	<b>Set to zero (reserved)</b>				
<b>5-</b>	<b>Binary data, as defined by the descriptors that begin at byte of Section 3.</b>				

表七、 BUFR Section 5 格式

Section 0	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5
<b>Byte no.</b>	<b>Contents</b>				
<b>1-4</b>	<b>“7777” ASCII code</b>				

表八、 BUFR TableA—資料類別

BUFR TABLE RELATIVE TO SECTION 1

BUFR Table A — *Data category*

Code figure	Meaning
0	Surface data — land
1	Surface data — sea
2	Vertical soundings (other than satellite)
3	Vertical soundings (satellite)
4	Single level upper-air data (other than satellite)
5	Single level upper-air data (satellite)
6	Radar data
7	Synoptic features
8	Physical/chemical constituents
9	Dispersal and transport
10	Radiological data
11	BUFR tables, complete replacement or update
12	Surface data (satellite)
13–19	Reserved
20	Status information
21	Radiances (satellite measured)
22–30	Reserved
31	Oceanographic data
32–100	Reserved
101	Image data
102–239	Reserved
240–254	For experimental use
255	Indicator for local use, with sub-category

Note: In data category 255, the local data category may be described by BUFR, Section 1, octet 10.

表九、 BUFR TableB—資料要素分類

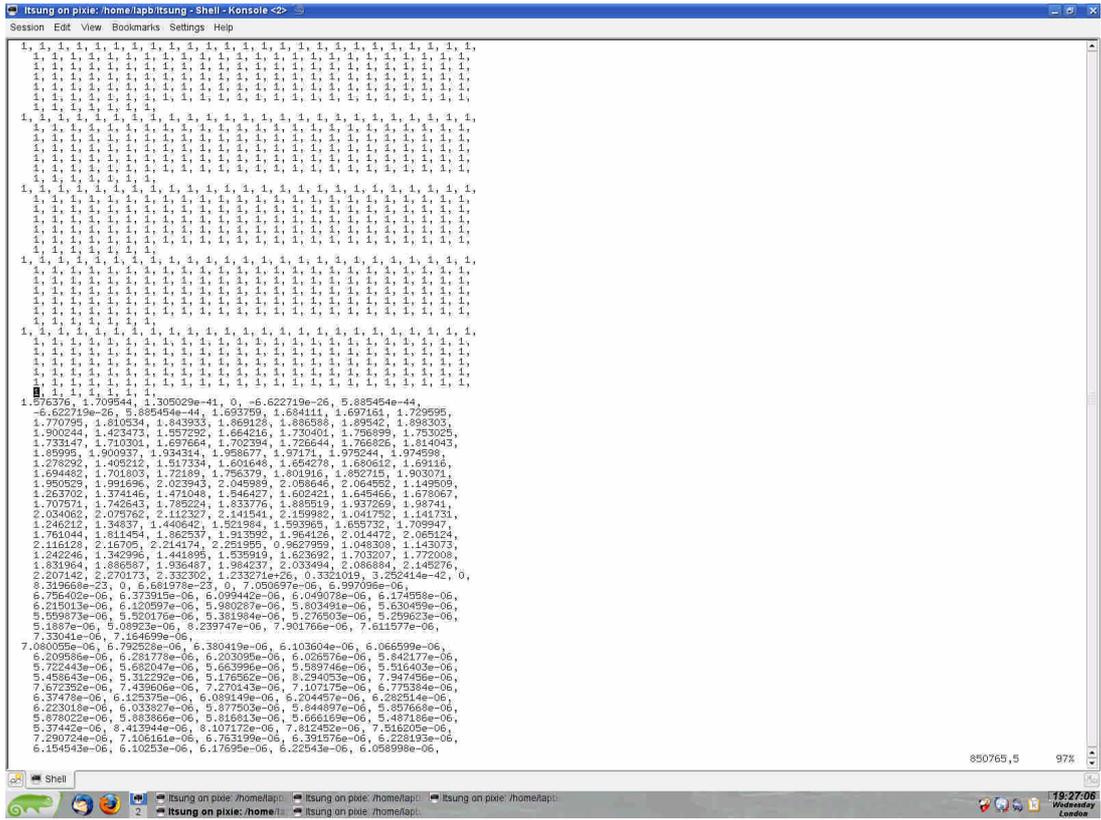
BUFR TABLES RELATIVE TO SECTION 3			
BUFR Table B — Classification of elements			
F	X	Class	Comments
0	00	BUFR table entries	
0	01	Identification	Identifies origin and type of data
0	02	Instrumentation	Defines instrument types used
0	03	Reserved	
0	04	Location (time)	Defines time and time derivatives
0	05	Location (horizontal – 1)	Defines geographical position, including horizontal derivatives, in association with class 06 (first dimension of horizontal space)
0	06	Location (horizontal – 2)	Defines geographical position, including horizontal derivatives, in association with class 05 (second dimension of horizontal space)
0	07	Location (vertical)	Defines height, altitude, pressure level, including vertical derivatives of position
0	08	Significance qualifiers	Defines special character of data
0	09	Reserved	
0	10	Vertical elements and pressure	Height, altitude, pressure and derivatives observed or measured, <i>not</i> defined as a vertical location
0	11	Wind and turbulence	Wind speed, direction, etc.
0	12	Temperature	
0	13	Hydrographic and hydrological elements	Humidity, rainfall, snowfall, etc.
0	14	Radiation and radiance	
0	15	Physical/chemical constituents	
0	19	Synoptic features	
0	20	Observed phenomena	Defines present/past weather, special phenomena, etc.
0	21	Radar data	
0	22	Oceanographic elements	
0	23	Dispersal and transport	
0	24	Radiological elements	
0	25	Processing information	
0	26	Non-coordinate location (time)	Defines time and time derivatives that are not coordinates
0	27	Non-coordinate location (horizontal – 1)	Defines geographical positions, in conjunction with class 28, that are not coordinates
0	28	Non-coordinate location (horizontal – 2)	Defines geographical positions, in conjunction with class 27, that are not coordinates
0	29	Map data	
0	30	Image	
0	31	Data description operator qualifiers	Elements used in conjunction with data description operators
0	33	Quality information	
0	35	Data monitoring	

表十、 BUFR TableC—資料描述作用元

<i>BUFR Table C - Data description operators</i>				
TABLE REFERENCE		OPERAND	OPERATOR NAME	OPERATION DEFINITION
F	X			
2	01	Y	Change data width	Add (Y-128) bits to the data width given for each data element in Table B, other than CCITT IA5 (character) data, code or flag tables
2	02	Y	Change scale	Add Y-128 to scale in Table B for elements which are not code or flag tables
2	03	Y	Change reference values	Subsequent element descriptors define new reference values for corresponding Table B entries. Each new reference value is represented by Y bits in the Data section. Definition of new reference values is concluded by coding this operator with Y = 255. Negative reference values shall be represented by a positive integer with the left-most bit (bit 1) set to 1
2	04	Y	Add associated field	Precede each data element with Y bits of information. This operation associates a data field (e.g. quality control information) of Y bits with each data element
2	05	Y	Signify character	Y characters (CCITT International Alphabet No. 5) are inserted as a data field of Y x 8 bits in length
2	06	Y	Signify data width for the immediately following local descriptor	Y bits of data are described by the immediately following descriptor
2	21	YYY	Data not present	Data values present in Section 4 (Data section) corresponding to the following YYY descriptors shall be limited to data from classes 1-9, and class 31
2	22	000	Quality information follows	The values of class 33 elements which follow relate to the data defined by the data present bit-map
2	23	000	Substituted values operator	The substituted values which follow relate to the data defined by the data present bit-map
2	23	255	Substituted values marker operator	This operator shall signify a data item containing a substituted value; the element descriptor for the substituted value is obtained by the application of the data present bit-map associated with the substituted values operator
2	24	000	First order statistical values follow	The statistical values which follow relate to the data defined by the data present bit-map
2	24	255	First order statistical values marker operator	This operator shall signify a data item containing a first order statistical value of the type indicated by the preceding 0 08 023 element descriptor; the element descriptor to which the first order statistic relates is obtained by the application of the data present bit-map associated with the first order statistical values follow operator; first order statistical values shall be represented as defined by this element descriptor
2	25	000	Difference statistical values follow	The statistical values which follow relate to the data defined by the data present bit-map

表十一、 BUFR TableD—資料描述作用元的集合

F	X	Category of sequences
3	00	BUFR table entries sequences
3	01	Location and identification sequences
3	02	Meteorological sequences common to surface data
3	03	Meteorological sequences common to vertical soundings data
3	04	Meteorological sequences common to satellite observations
3	05	Meteorological or hydrological sequences common to hydrological observations
3	06	Meteorological or oceanographic sequences common to oceanographic observations
3	07	Surface report sequences (land)
3	08	Surface report sequences (sea)
3	09	Vertical sounding sequences (conventional data)
3	10	Vertical sounding sequences (satellite data)
3	11	Single level report sequences (conventional data)
3	12	Single level report sequences (satellite data)
3	13	Sequences common to image data
3	14	Reserved
3	15	Oceanographic report sequences
3	16	Synoptic feature sequences
3	18	Radiological report sequences
3	21	Radar report sequences



圖一、觀測資料只有土壤濕度(SMOIS)這變數上有讀入

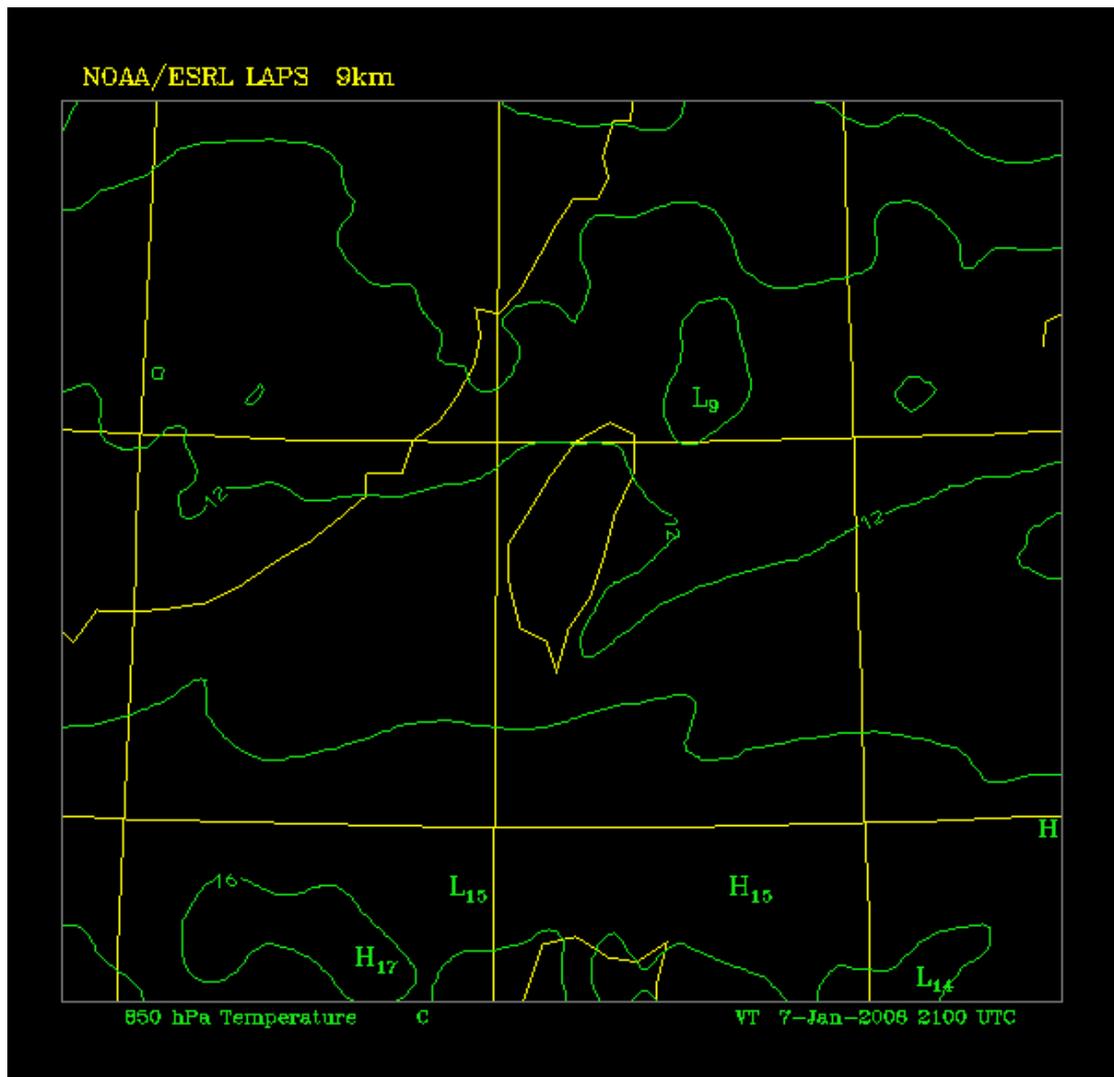
MASS REPORTS			
Report Type	PREPBUFR Message Type	Description	Note
111	SYNDAT	SYNTHETIC (BOGUS) TROPICAL CYCLONE STORM CENTER - q, Pstn	Not created (switch not set in SYNDAT_SYNDATA parm cards)
120	ADPUPA	RAWINSONDE - Tv, q, Pstn, sst	Tv, q, Pstn used by assimilation  sst monitored by assimilation by switch in convinfo text file read by GBL-GSI
122	ADPUPA	CLASS SOUNDING - Tv, q, Pstn	Entire report tossed by switch in PREOBS_PREPDATA parm cards
126	RASSDA	RASS [FROM NOAA PROFILER NETWORK (NPN) OR COOPERATIVE AGENCY PROFILER (CAP) NETWORK] - Tv	rassda dump file not read by PREOBS_PREPDATA
130	AIRCFT	AIREP AND PIREP AIRCRAFT - Ts	Ts used by assimilation
131	AIRCFT	ASDAR AIRCRAFT - Ts	Ts used by assimilation
132	ADPUPA	FLIGHT-LEVEL RECONNAISSANCE AND PROFILE DROPSONDE - Tv, q, Pstn	q from USAF and non-U.S. dropsondes, Pstn (and surface level Tv, q) flagged for non-use by assimilation by switch in PREOBS_PREPDATA parm cards  Tv (above surface), q (reccos and U.S. Gulf Stream and P-3 dropsondes) used by assimilation  q from dropsondes (USAF and non-U.S.) (at all levels) and Tv (at surface) monitored by assimilation due to their being flagged by switch in PREOBS_PREPDATA parm cards

圖二、 PREPBUFR 型態對照表

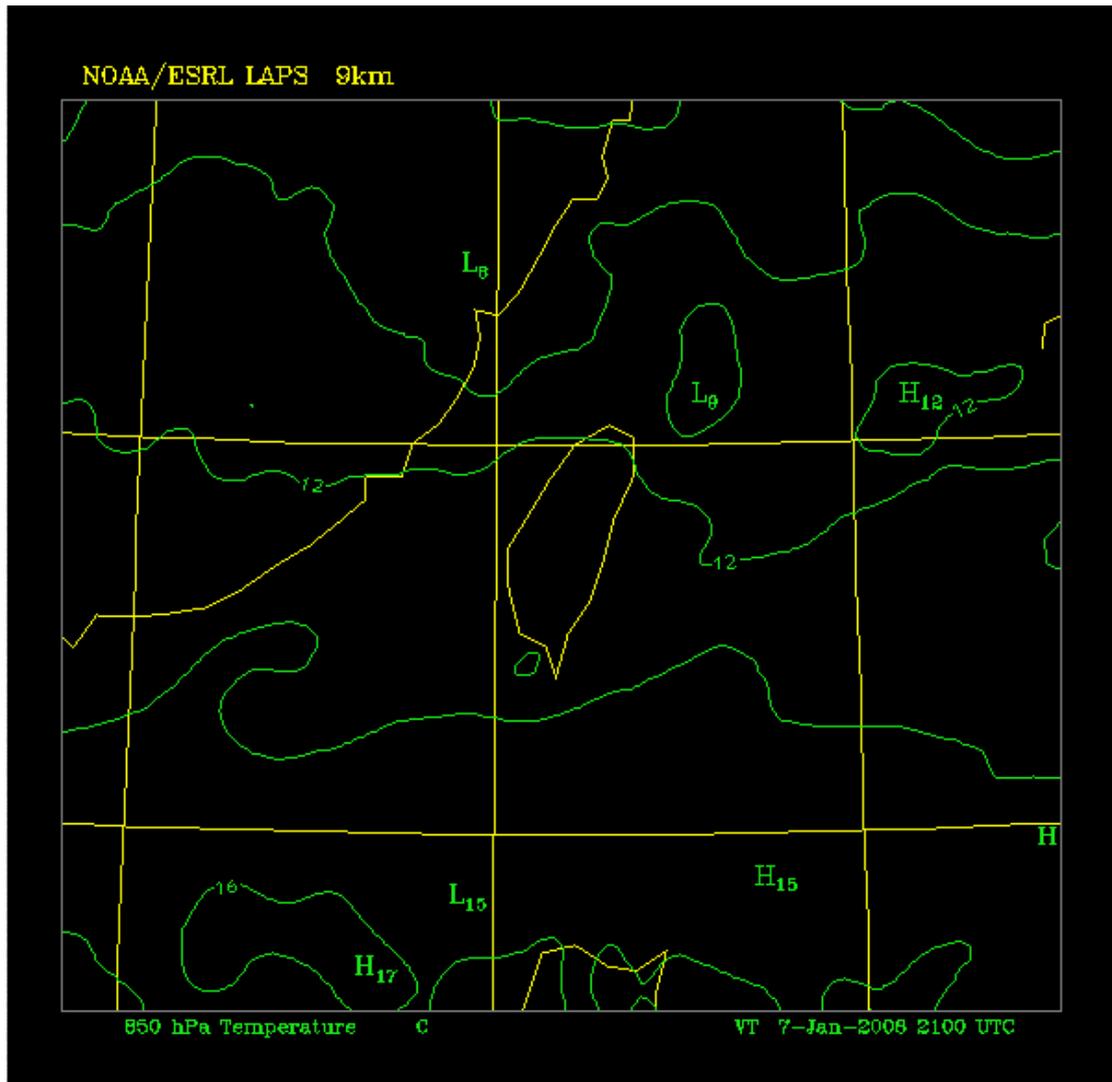
Table 2.1 BUFR observation types and subtypes

Observation types		Subtypes	
Code no.	Name	Code no.	Name
0	Land surface	1	Land SYNOP
		2	High-level land SYNOP (invented)
		3	Automatic land SYNOP
		4	High-level automatic land SYNOP
		9	Abbreviated SYNOP
		10	High-level abbreviated SYNOP (invented)
1	Sea surface	9	SHIP 2
		11	SHIP 1
		13	Automatic SHIP
		19	Reduced SHIP
		21	DRIBU
		22	BATHY
		23	TESAC
2	Upper-air soundings	91	Land PILOT
		92	SHIP PILOT
		95	Wind profiler
		101	Land TEMP
		102	SHIP TEMP
		103	DROP TEMP
		106	Mobile TEMP
		0	High-resolution TOVS
		51	High-resolution TOVS

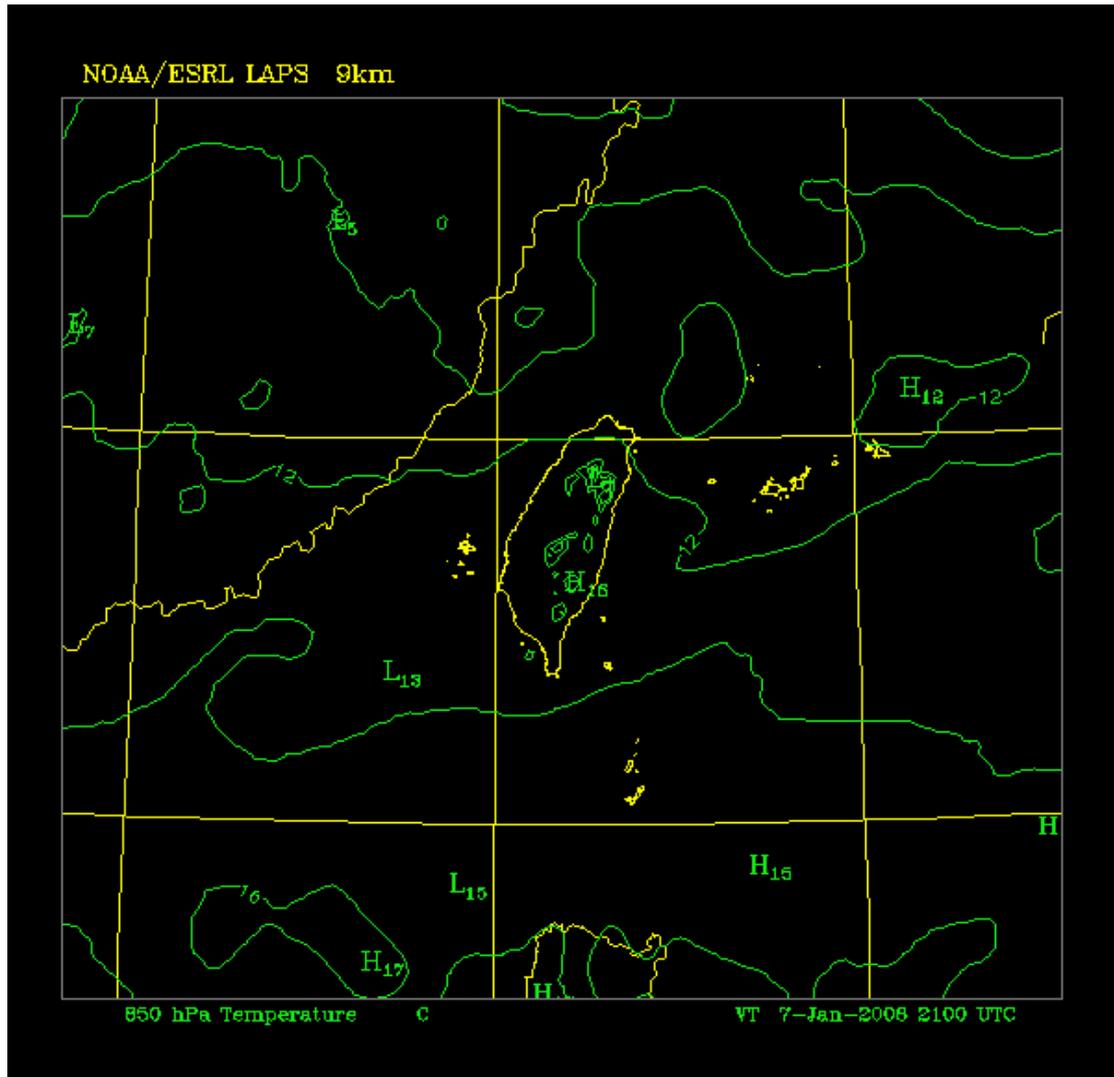
圖三、 觀測資料類型對照表



圖四、 舊版 GSI 分析台灣區域 850hpa 的溫度初始場



圖五、 新版 GSI 分析台灣區域 850hpa 的溫度初始場



圖六、 GSD-LAPS 分析台灣區域 850hpa 的溫度初始場