

雷射雲幕儀應用於台灣各地貌 之混合層高度連續監測

呂佳穎¹、林博雄¹、游志淇²、李育棋²

台灣大學大氣科學系¹、中央氣象局²

大綱

- ◆ 前言和動機
- ◆ 資料處理及計算方法
- ◆ 雲幕儀和無線電探空密集比對實驗
- ◆ 雲幕儀在台灣各地的短期觀測 MLH 結果
- ◆ 結論和未來展望

ABL 和 MLH

- 大氣邊界層(Atmosphere Boundary Layer，簡稱 ABL)是大氣層中離地表最近的一層，ABL中的參數會直接受到地面熱力以及植被與建築物對風場的動力干擾影響。
- 在 ABL中，懸浮微粒或是從地面排放的汙染物受熱力或動力作用影響使擴散的高度受限制，因擾動造成的擴散和向上傳遞可到達的最大高度，被稱之為混合層高度(Mixing Layer Height，簡稱 MLH)。
- MLH 變動範圍可從離地幾十公尺到幾公里。



國內前人研究

- 洪(1994)利用探空和聲波雷達觀測在北部的資料，認為混合層高度和近地面溫度、風速之間存在正相關，但和雲量則是負相關。
- 彭(1994)利用探空、大氣邊界層數值模式、聲波雷達(SODAR)以及 RASS 推估的MLH比較，他認為較準確的混合層高度估算需要較高解析度的觀測和模擬資料。
- Chou et al.(2007)用光達以及地表污染物濃度觀測，顯示出大部分的污染物都有隨著混合層高度變低而濃度增加的負相關性。
- 國內經常以中央氣象局板橋或是花蓮兩個局屬探空測站的探空儀觀測資料搭配 Holzworth 法加以計算 MLH(黃等，2012)。

國外前人研究

- 除了利用探空資料來推估邊界層外，國外部分文獻也介紹用光學儀器輔助邊界層的觀測，像是聲波雷達(SODAR)、光達(Lidar)或是雲霧儀(Ceilometer)等儀器(eg. Münkel et al.,2007; Costa-Surós et al.,2013)。
- 雲霧儀在 2000 年才有人提出可以將其用於邊界層的觀測上，其後經過多位前人在不同地方進行觀測和研究後證明其可用性，使得近年有更多人利用它來做時間的連續觀測。

表 2.4 國外曾用雲霧儀判斷混合層高度之研究的相關資訊

year	authors	site
2005	Münkel et al.	Finland, Germany
2006	Eresmaa et al.	Helsinki, Finland
2009	Schoenfelder et al.	Oklahoma
2010	Ioana et al.	Magurele, Romania
2012	Haeffelin et al.	Networks in Europe
2012	Liu et al.	South-eastern United States

科學目標

- 比對板橋站在夏季和冬季密集觀測時所施放的探空和同步觀測之雲幕儀資料所推估出的混合層高度，來做為雲幕儀運用在台灣混合層連續觀測上之先行試驗。
- 依雲幕儀觀測地點之地表性質和環境特徵分區，分別討論台灣地區不同地貌之混合層高度變化和常見之特徵。

資料處理及計算方法

- ◆ Vaisala RS92 無線電探空儀
- ◆ 探空資料之處理與計算
 - CAPE、LCL 計算方法
 - 多變數梯度法
- ◆ 雲幕儀
 - CL31 與 RCEC Lidar 同地觀測比較
 - CL31 訊號梯度分析法

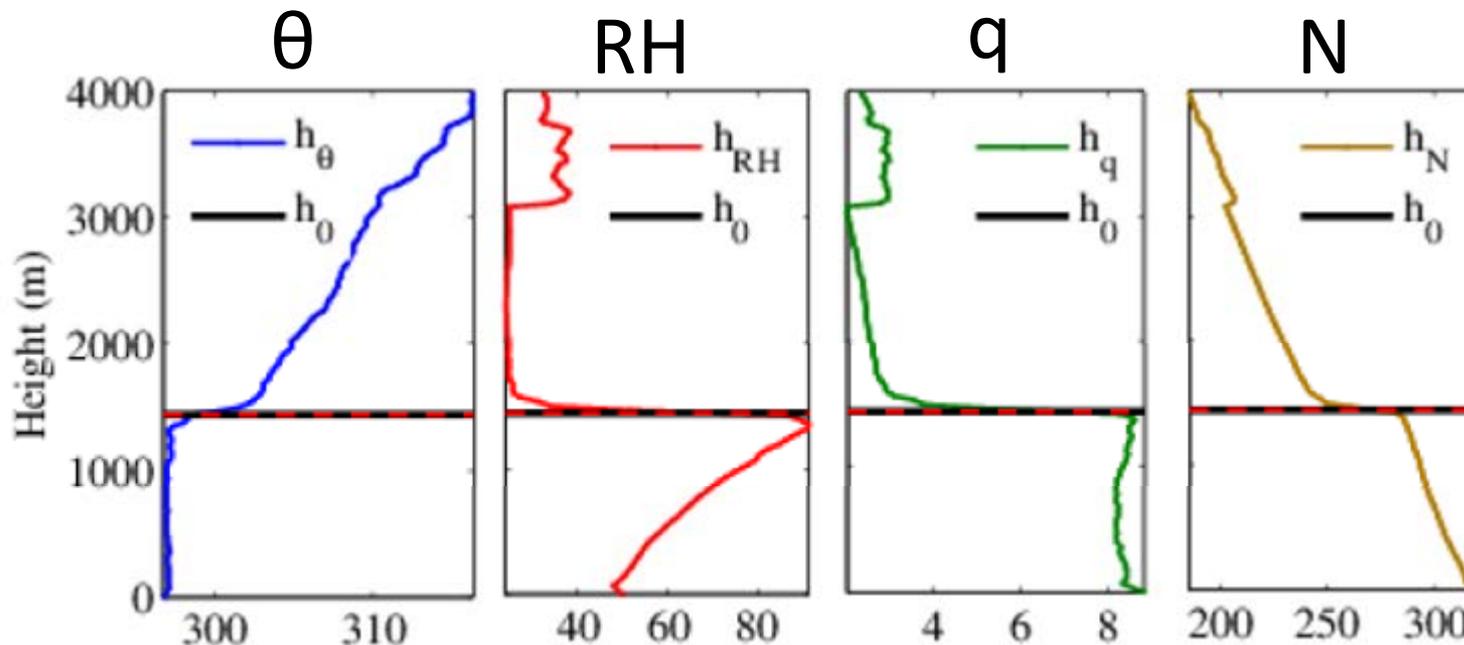
Vaisala RS92無線電探空儀

- ◆ 時間高解析度(資料間距 1~2 秒)原始數位資料。
- ◆ 資料參數計有資料時間、高度、溫度、濕度、氣壓、風向及風速。

	壓力	溫度	濕度
量測範圍	1080~3 hPa	-90~+60 °C	0~100%RH
精確度	0.4 hPa	0.2 °C	2%RH
解析度	0.1 hPa	0.1 °C	1%RH



多變數梯度法



(Station#14898 at 00:00 UTC on 13 August 2006,Wang et al.,2014)

多變數梯度法-大氣折射率 (N)

$$N = 77.6 \frac{P}{T} + 3.73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \quad \text{-----}(2)$$

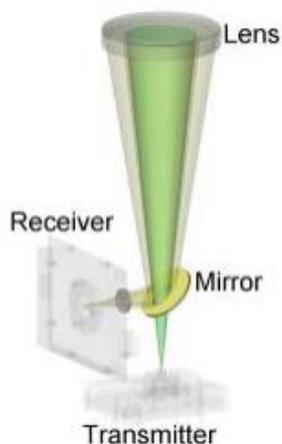
其中，

P: 大氣壓力(單位 hPa)

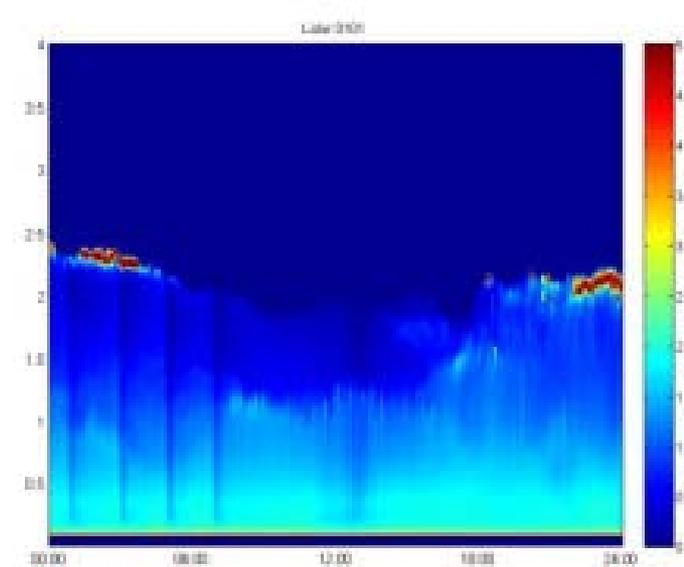
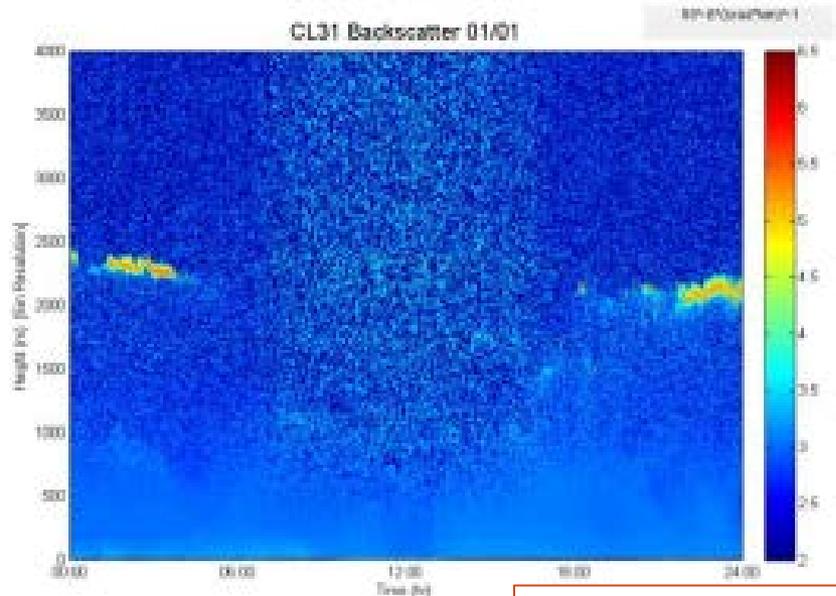
T: 溫度(單位 °C)

e: 水氣壓(單位 hPa)

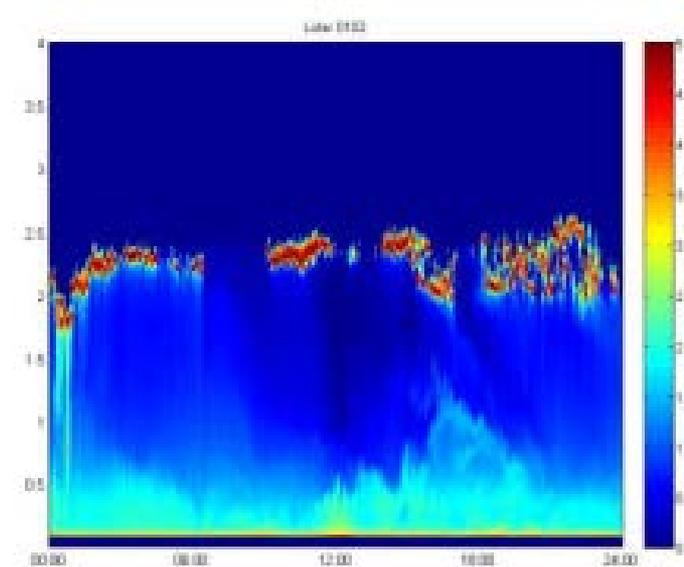
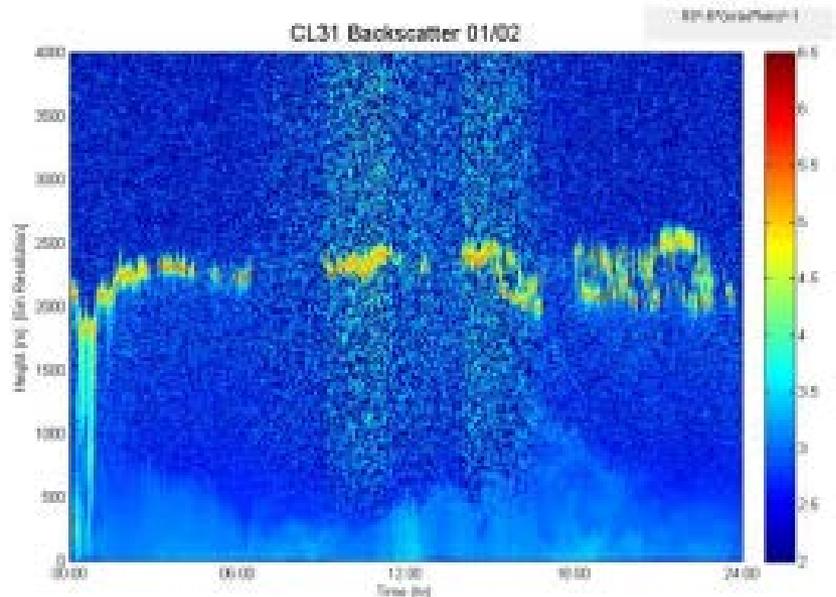
CL31 雲幕儀

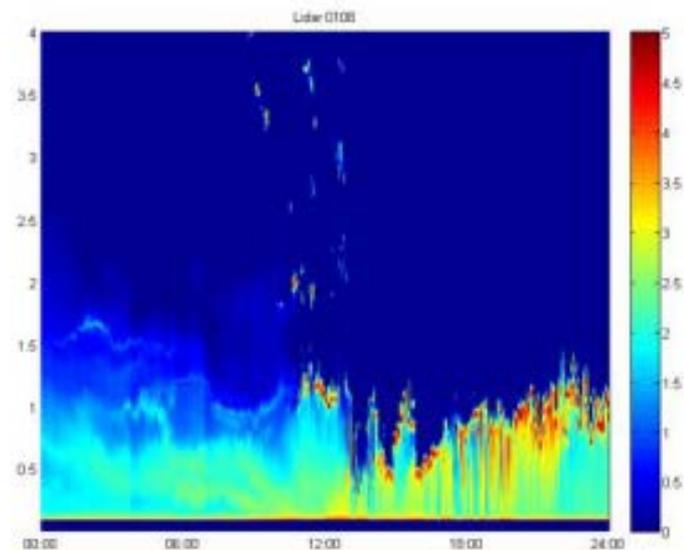
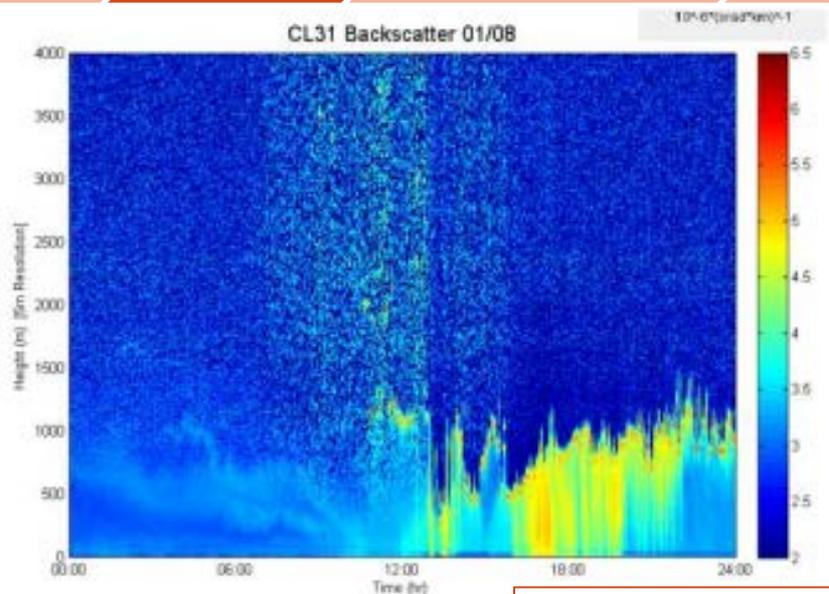


Minimum range resolution	5 m
Typical range resolution for boundary layer scans	10 m
Minimum report interval	2 s
Typical report interval for boundary layer scans	16 s
Measuring range for cloud base detection	0 ... 7500 m
Backscatter profile range	0 ... 7700 m
Range for boundary layer fine structure profiling	0 ... 4000 m
Total height	1190 mm
Total weight	31 kg
Weight of measurement unit	12 kg
Laser type	InGaAs diode
Laser wavelength	910 nm
Eye-safety class	1M

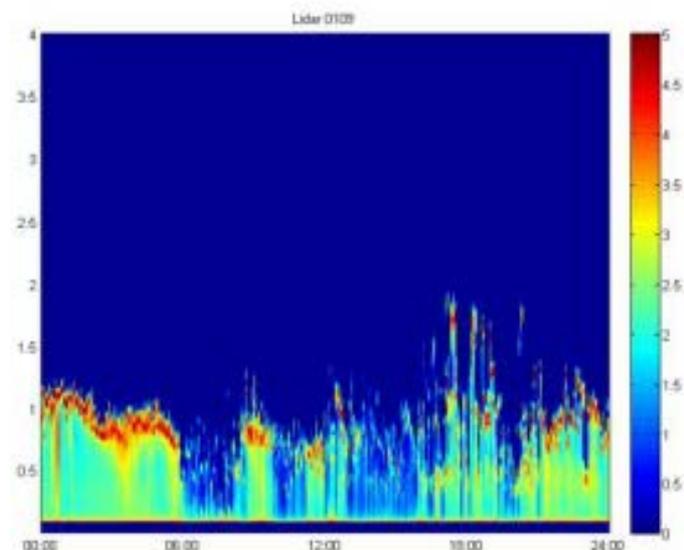
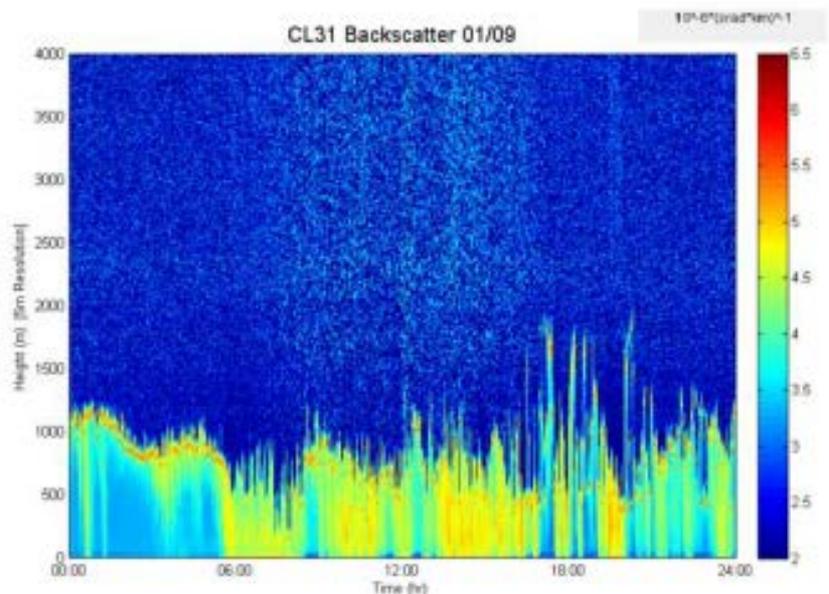


CL31 與 RCEC Lidar 同地觀測比較





CL31 與 RCEC Lidar 同地觀測比較



雲幕儀訊號梯度分析法

● 參考 Münkel(2007)中先將訊號做 30min 和 160m 的滑動平均後，再利用gradient method 與下列的一些限制，來標定混合層高度：

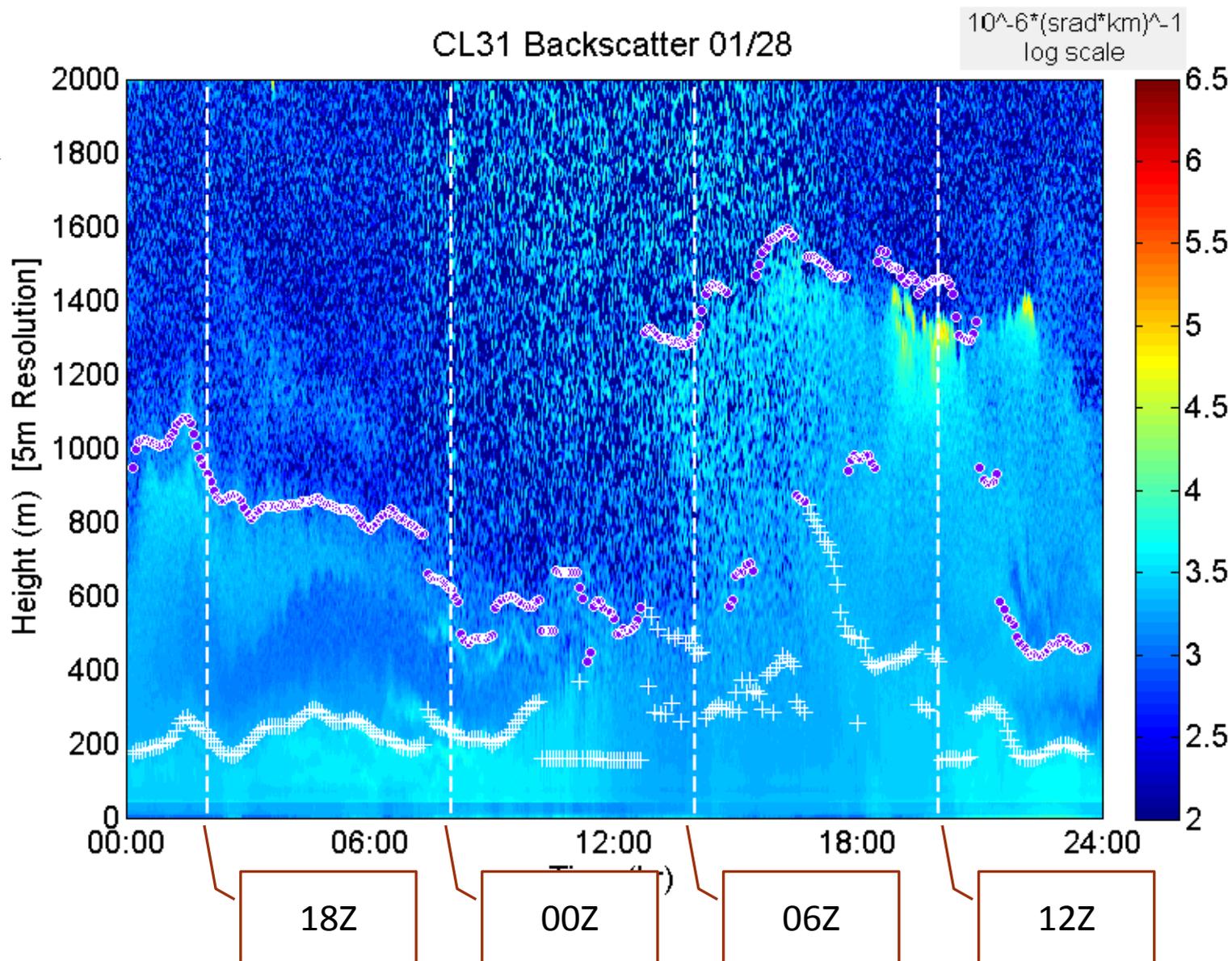
1. 二次微分上下層異號

2. 一次微分值小於 $-0.3 \times 10^{-4} \times 10^{-6} \text{ (srad} \cdot \text{km)}^{-1}$

3. 該層背向散射係數訊號值小於 $0.02 \times 10^{-6} \text{ (srad} \cdot \text{km)}^{-1}$

用此方法找尋離地面向上前兩個符合標準的高度。

(考慮夜間殘餘層)



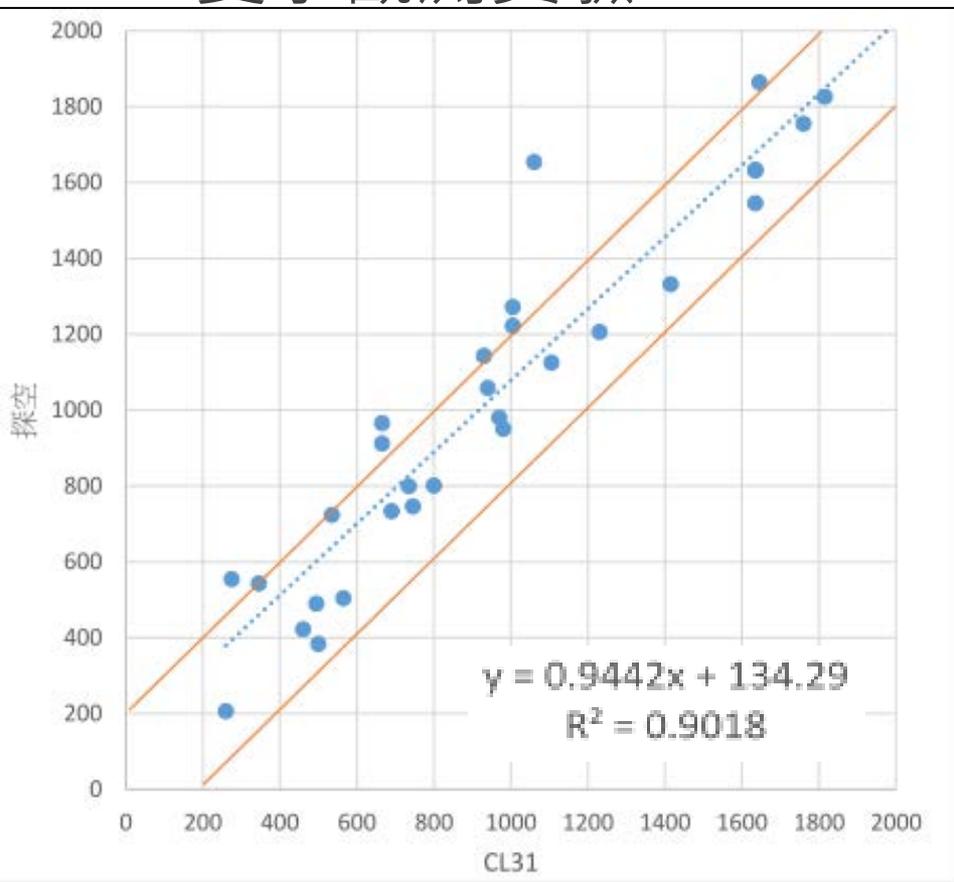
雲幕儀和探空密集比對實驗

- ◆ 夏季密集比對觀測實驗(2014/9/11~2014/9/28)
- ◆ 冬季密集比對觀測實驗(2015/1/7~2015/2/9)

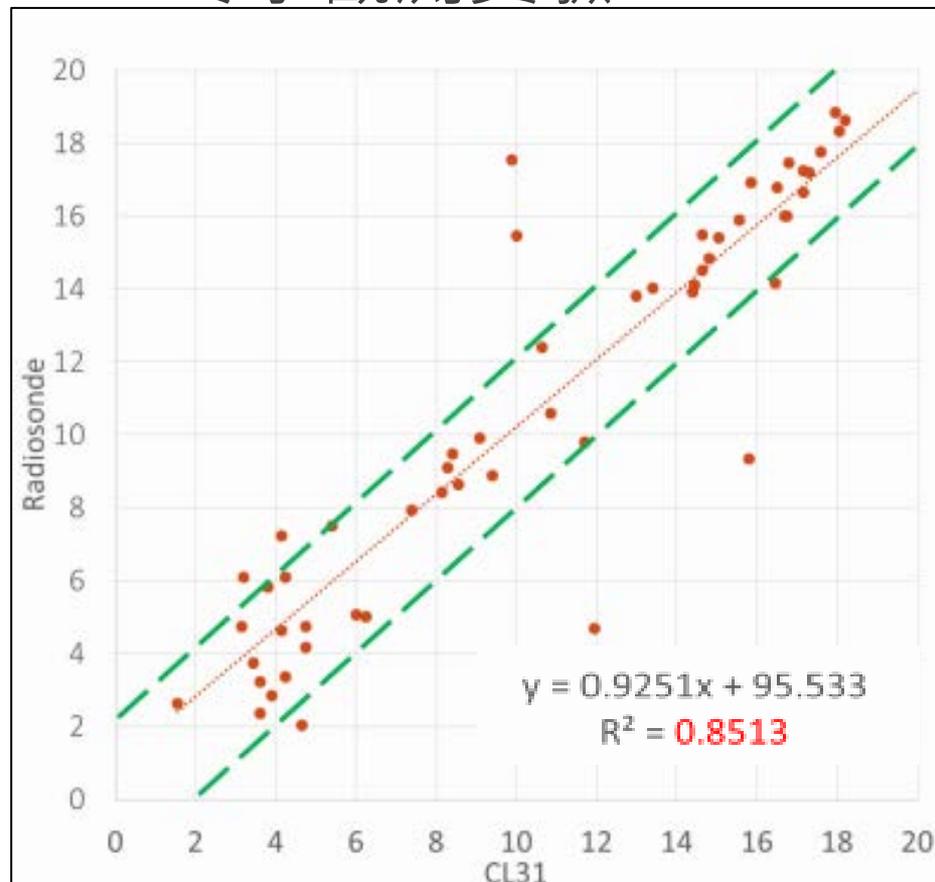


MLH 兩種儀器比對

夏季觀測實驗



冬季觀測實驗

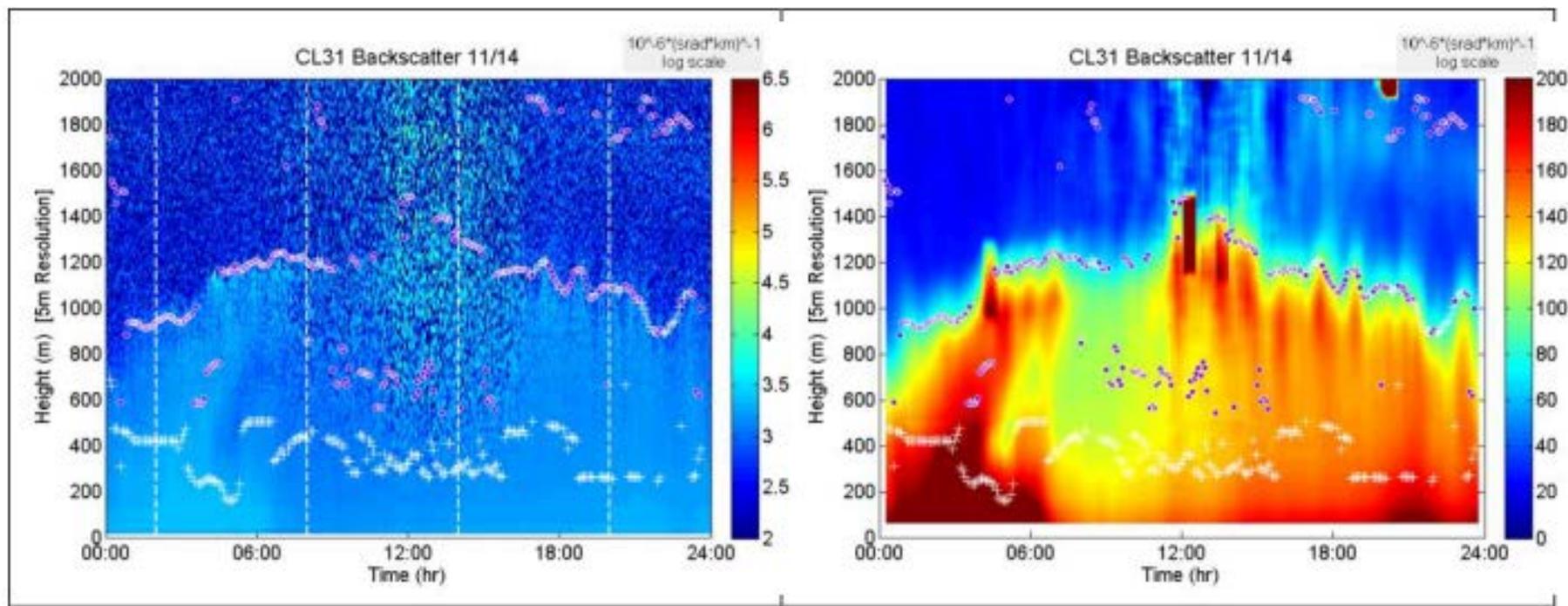


雲霧儀在台灣各地的短期觀測

MLH 結果

- ◆ 都市情境
- ◆ 郊區情境
- ◆ 海濱
- ◆ 山區

都市-台北三重地區

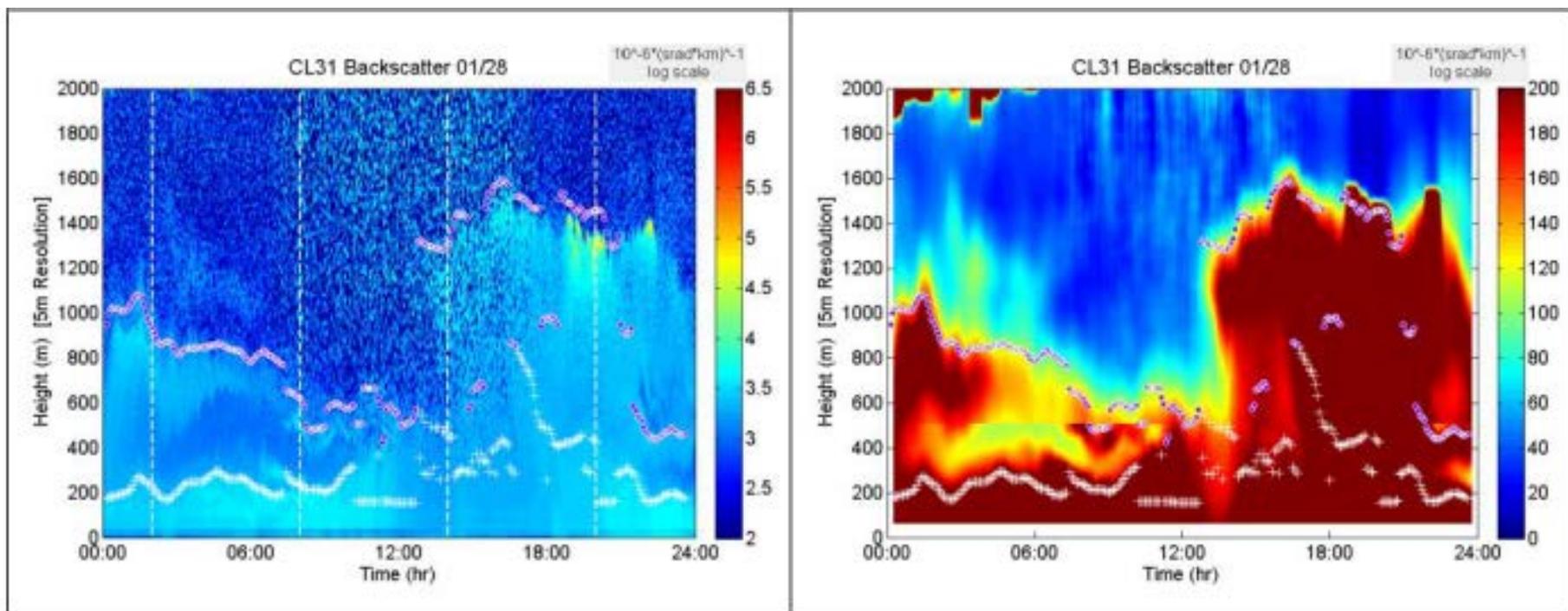


(1)晴空

(2)多時有低雲(2000m 以下)

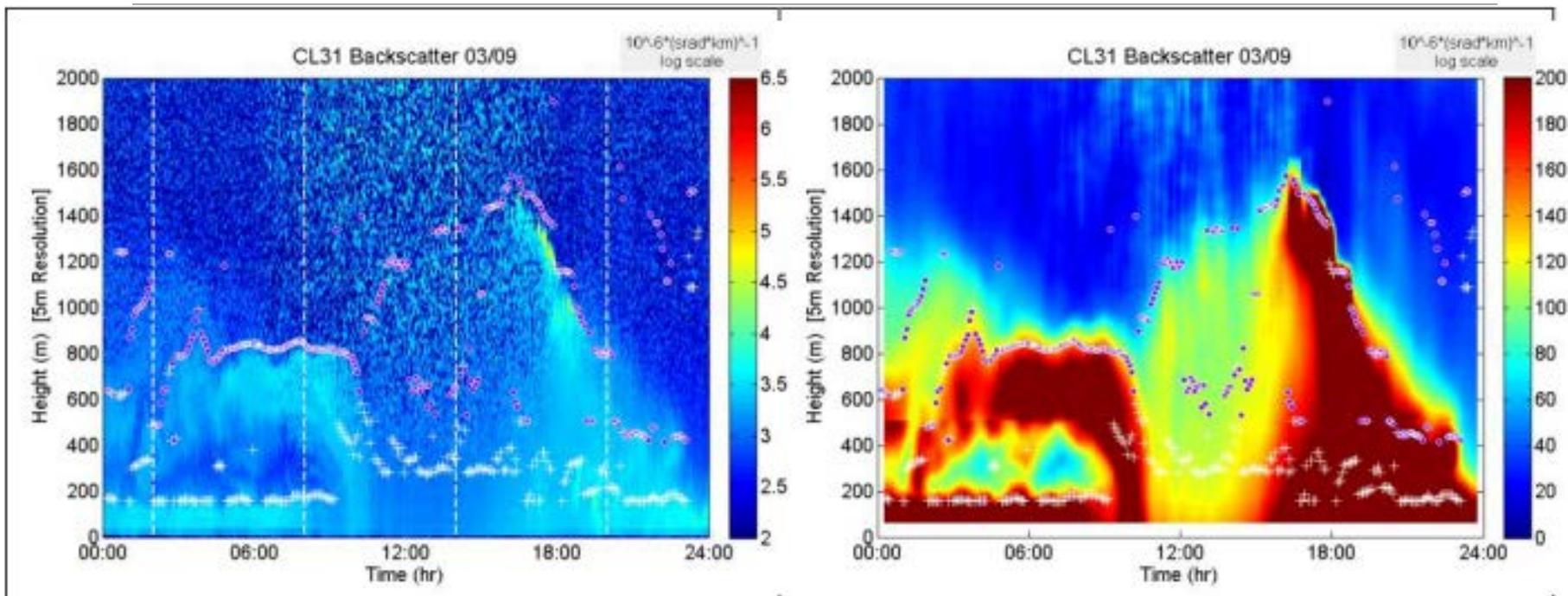
(3)上層有雲(2000m 以上)

都市-高雄澄清湖地區



- (1)晴空
- (2)有低雲

郊區-埔里

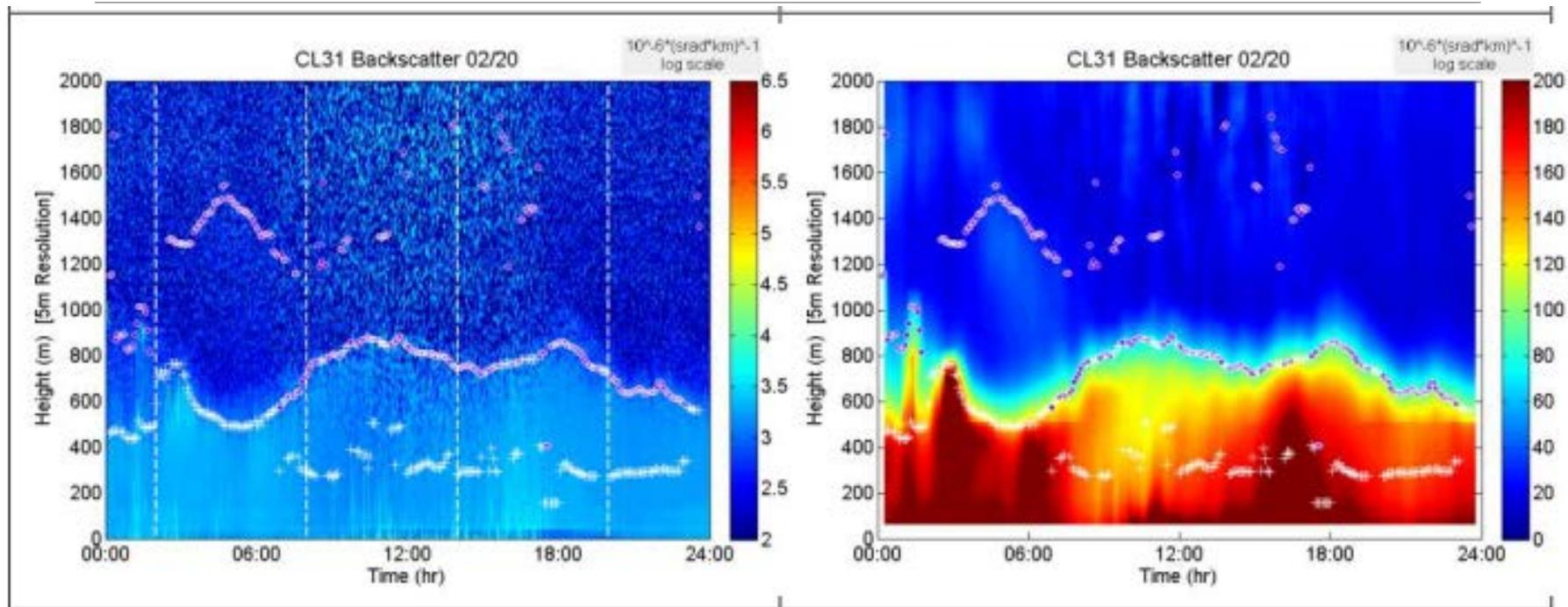


(1)晴空

(2)日出前有霧

(3)有雲

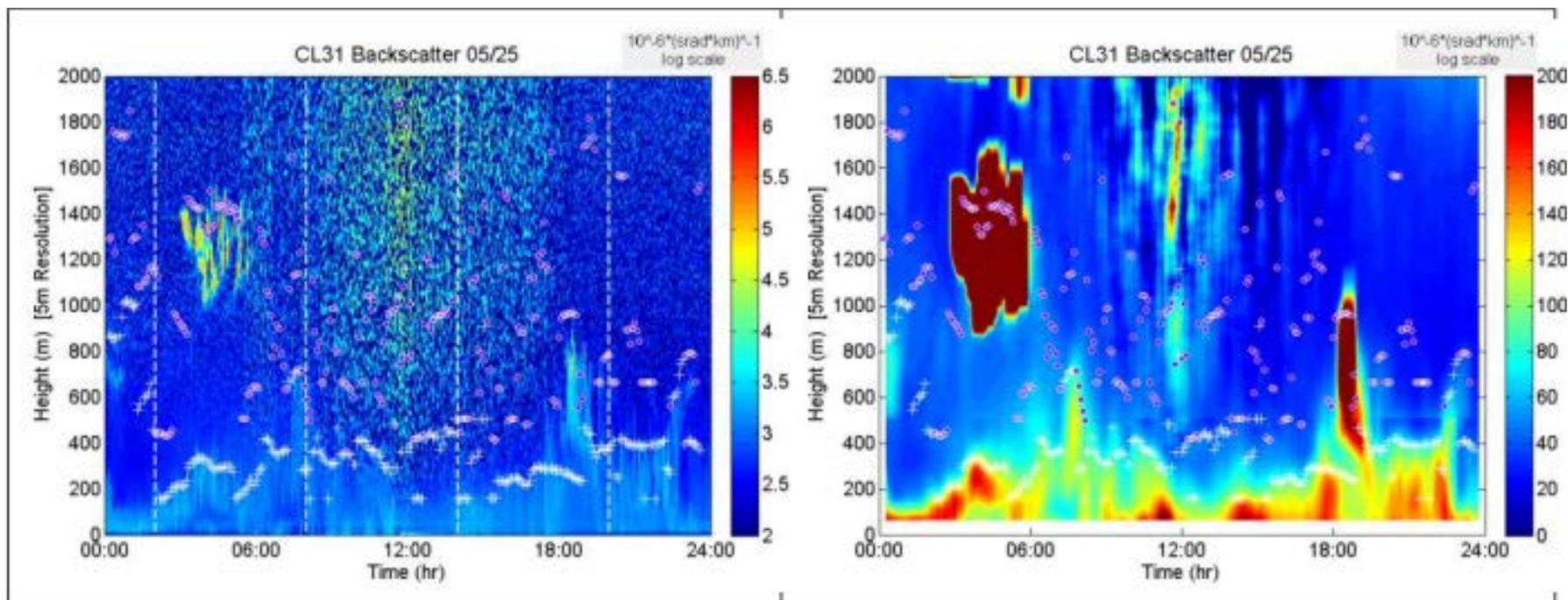
海濱-苑港



(1)晴空

(2)一天長時間在 1000m 以下有一層低層雲

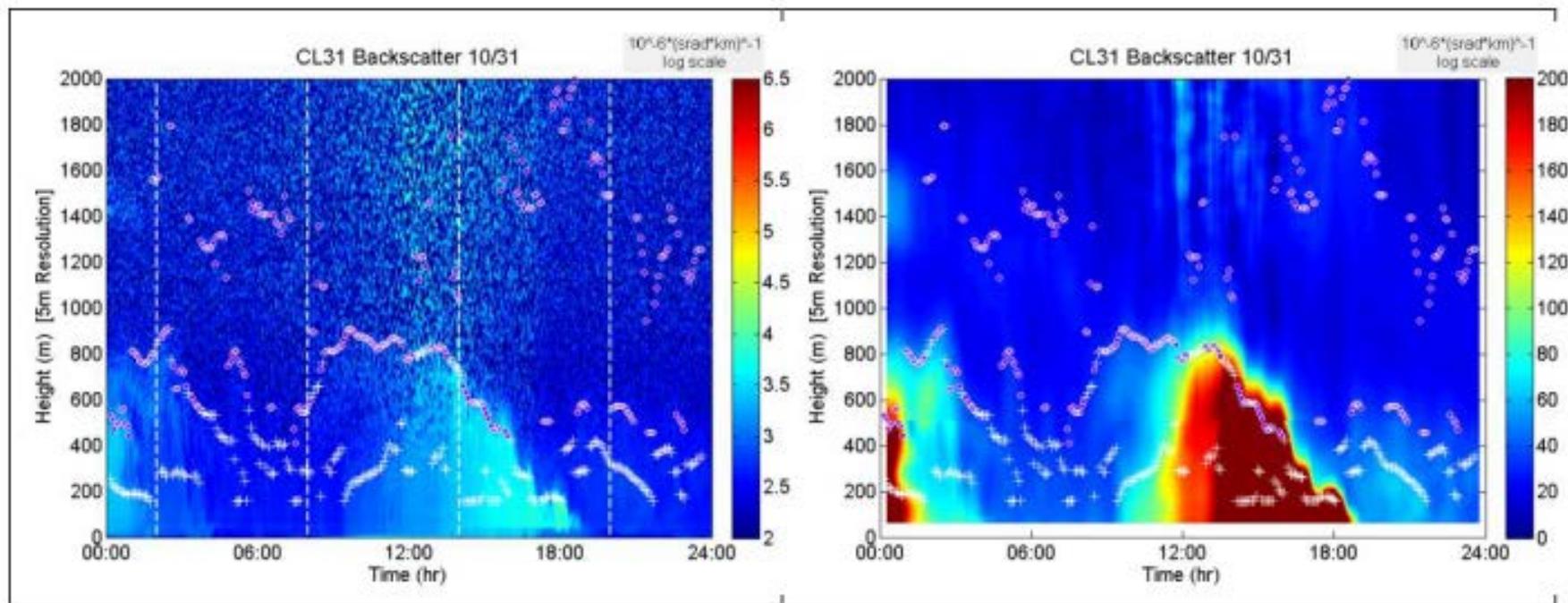
海濱-梧棲



(1)晴空

(2)有雲時多有短暫雨

山區-溪頭

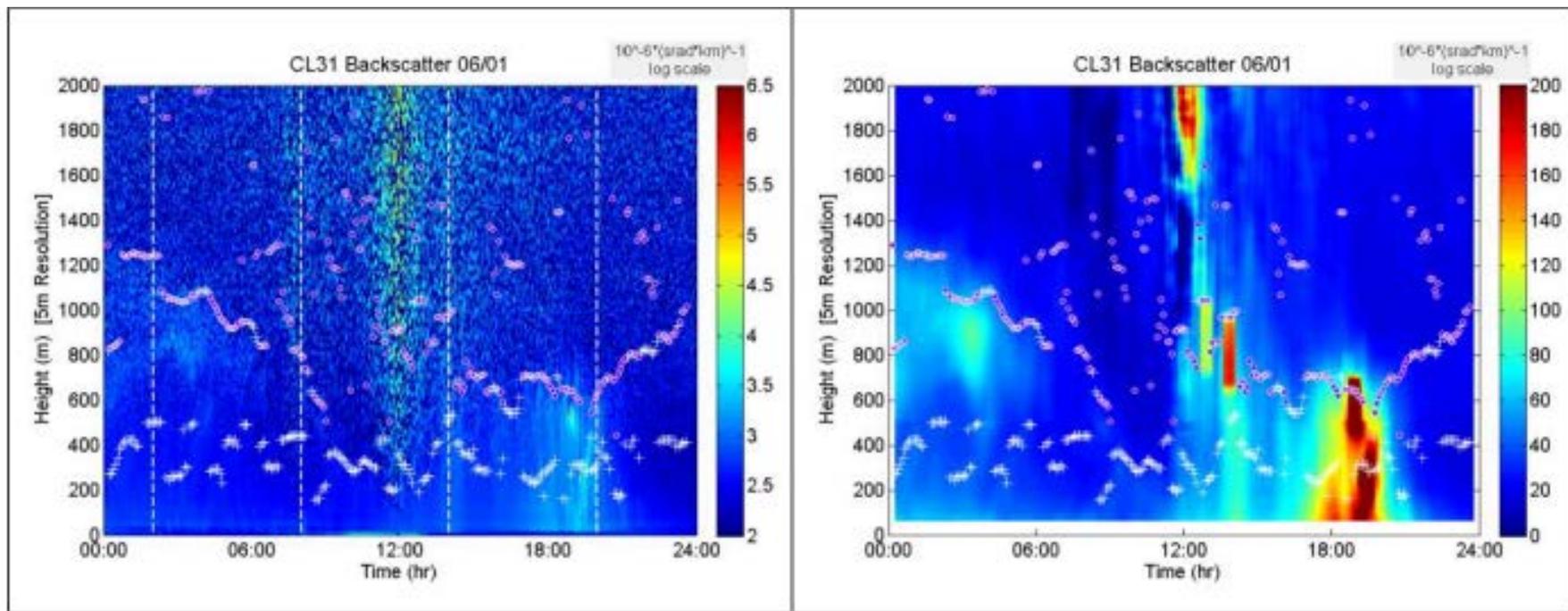


(1)晴空

(2)多時低雲

(3)霧(午後生成)

山區-春陽



(1)晴空

(2)午後有雲

	都市	郊區	海濱	山區
殘餘層	有	有	不明顯	不明顯
4000m 以下雲高	不定	不定	固定	固定
雲出現時間	整天(冬季)	不定	整天(苑港冬季)	多午後
霧出現時間	無	多清晨	無	多午後
底層訊號強度(晴朗時)	較大	中	中偏小	較小
晴空時混合層平均高度(標準差)	1. 三重 11/14 1108.1m (334.6m) 2. 高雄 1/28 917.9m (415.6m)	埔里 3/9 996.9m (316.3m)	1. 苑港 2/20 838.9m (218.9m) 2. 梧棲 5/25 355.2m (148.4m)	1. 溪頭 10/31 342.0m (190.9m) 2. 春陽 6/1 416.9m (204.5m)

結論和未來展望

- 一. 夏季密集觀測比對中兩者的 R^2 值可以達到 0.90，冬季密集觀測比對中 R^2 值為 0.85。
- 二. 冬季時南部城市 MLH 發展較北部來得明顯，但北部因多有層雲壟罩而使 MLH 高度多判斷在雲中訊號梯度大處而平均起來較南部城市的 MLH 高。
- 三. 春天中部郊區(埔里) 可分為(1)晴空、(2)日出前有霧和(3)有雲討論。夜間有明顯殘餘層，有雲霧時混合層判斷多在雲霧的邊界，雲層高度和出現時間不定。

95th American Meteorological Society Annual Meeting, January 04 - 08, 2015



- NOAA NWS
- FAA
- Navy



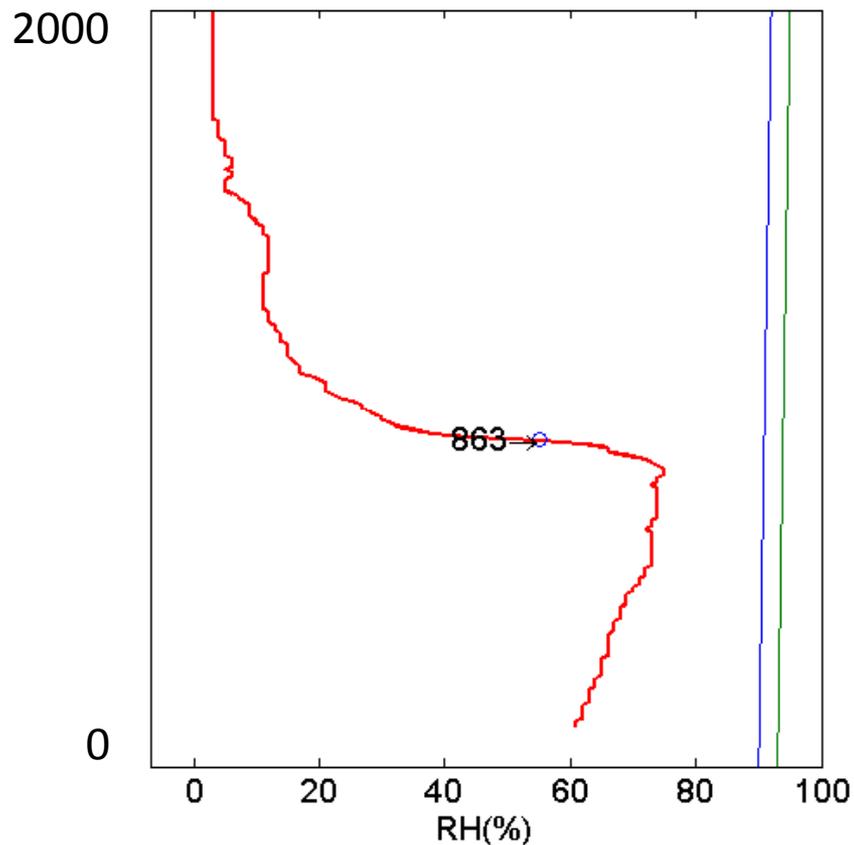
Automatic Surface Observing System (ASOS)
Network



Thanks for your attention.

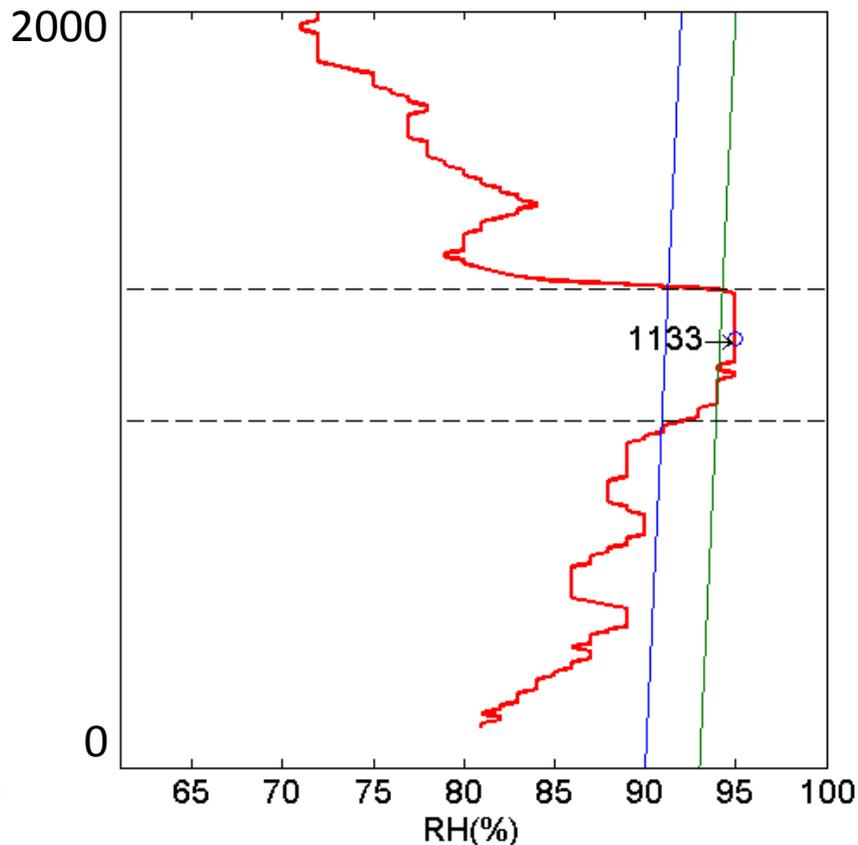
Clear sky

12Z, 2015/01/22



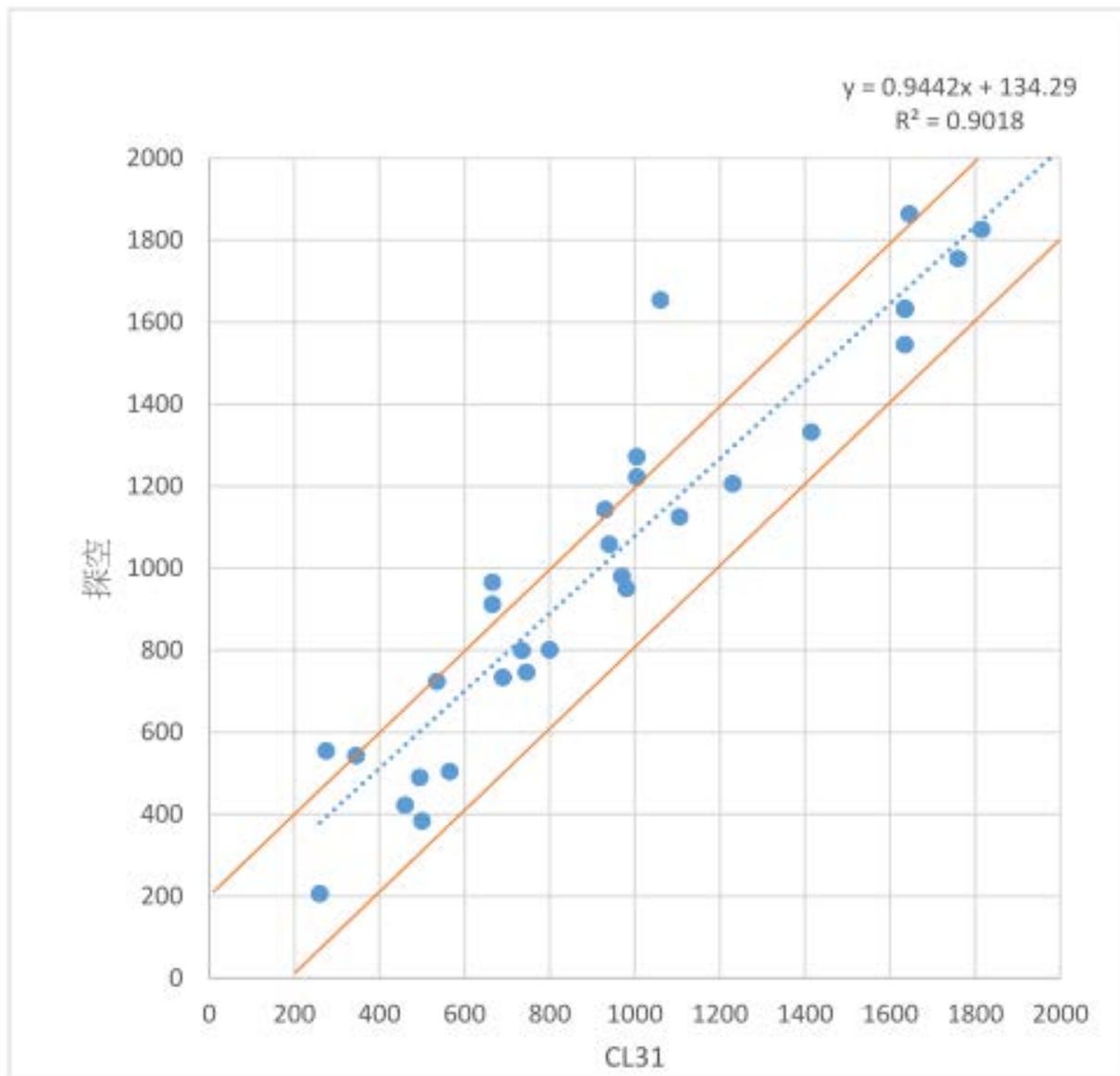
Cloud cover

12Z, 2015/01/26



Altitude range	min-RH (%)	max-RH (%)	inter-RH (%)
0 ~ 2 km	92 ~ 90	95 ~ 93	84 ~ 82
2 ~ 6 km	90 ~ 88	93 ~ 90	80 ~ 78
6 ~ 12 km	88 ~ 75	90 ~ 80	78 ~ 70
> 12 km	75	80	70

MLH 兩種儀器比對(夏季觀測實驗)



MLH 兩種儀器比對(冬季觀測實驗)

