

Reprint 1056

公眾定點降雨臨近預報服務

胡宏俊、鄭子路 & 蔡振榮

第二十七屆粵港澳氣象科技研討會

廣東韶關，2013年1月9-10日

# 公众定点降雨临近预报服务

胡宏俊 郑子路 蔡振荣

香港天文台

## 摘 要

香港天文台自行开发的《小涡旋》临近预报系统，除提供包括暴雨、冰雹、闪电、狂风等恶劣天气预警数据以支持预报员发出恶劣天气警告外，亦直接产生供公众使用的降雨临近预报产品，这包括透过免费地理信息系统平台发放的「珠江三角洲地区降雨临近预报」。2012年9月开始，《小涡旋》更通过香港天文台的智能手机应用程序「我的天文台」，以文字、天气图标序列及降雨动画形式提供定点降雨预报，并根据用户设定自动发出提示讯息，让用户轻松掌握身处位置或指定地点未来两小时的降雨情况。本文旨在介绍这项服务及其背后的技术。

## 1 引言

自 1999 年投入业务运作以来，香港天文台的 SWIRLS（即 Short-range Warning of Intense Rainstorms in Localized Systems）《小涡旋》临近预报系统不间断地提供香港地区的定量降雨预报（简称 QPF），以支持本地天气预报员发出暴雨、水浸及山泥倾泻等灾害警告[1-3]。系统亦分析和预测涵盖强雷暴、狂风、闪电及冰雹等恶劣天气，支持预报员发出相关警告。

过去数年，天文台积极开发直接为公众人士提供的临近降雨预报服务。二零零八年末推出《珠江三角洲地区降雨临近预报》，透过天文台网站为公众人士提供未来两小时的雨量分布演变[4]。这项服务深受市民欢迎，在过去数年间浏览页次增长迅速，并于 2012 年第三季度已达五百万页次。

近年，流动数据服务费渐趋普及，吸引越来越多用户使用智能手机上网，获取包括天气在内的各种信息。智能手机具备定位功能，开拓了发展个人化定点天气服务的机遇。

天文台开发了一套名为《我的天文台》的智能手机应用程序，能自动侦测用户位置，为用户提供最接近的气象站最新数据。《我的天文台》亦设有天气警告通知功能，以及提供一系列深受市民欢迎的气象信息，如特别天气提示、卫星及雷达图像、热带气旋路径、紫外线指数报告及预报、闪电位置等等（图一）。

揉合对手机平台服务及临近预报的需求，天文台从 2012 年 9 月开始于《我的天文台》提供个人化的《定点降雨预报》功能，以文字、天气图标序列及降雨动画形式提供定点降雨预报，并可根据用户设定自动发出提示讯息，让用户轻松掌握身处位置或指定地点未来两小时的降雨情况，以便安排日常活动或计划户外活动。

## 2 降雨临近预报技术

《小涡旋》的 QPF 算法建基于雷达反射率的定量降雨估计（简称 QPE）上。而雷达 QPE 算法中的降雨率主要是透过雷达反射率  $Z$  与降雨率  $R$  关系式  $Z=aR^b$  求得。 $Z$ - $R$  方程中的  $a$ 、 $b$  参数是从自动雨量器数据及海拔 2 公里等高雷达反射率，以线性回归法实时校正[1-3]。在降雨刚开始或雨量器数据不足的情况下， $a$ 、 $b$  参数采用合符本地气候的默认值。在雷达回波追踪方面，现时业务系统采用《多尺度光流变分法》（简称 MOVA），以捕捉雨区的多尺度运动[5]。时间外推的算法主要是采用半拉格朗日平流（semi-Lagrangian advection，简称 SLA）方案[3]、[6]。以上述雷达 QPE 及 MOVA 移动矢量作为初始场，配合 SLA 方案外推，可提供 1 至 6 小时的定量降雨预报。由于对流云团的出现、生长、减弱和消散往往极其迅速，时效较长的预报一般准确度较低，只会用作预报员的参考。在制作公众产品时，考虑到个人化预报服务的需要，只选取首两小时准确度较高的预报资料。

### 3 定点降雨预报

《我的天文台》中的《定点降雨预报》功能是《小涡旋》QPF 的延伸，目的在于第一时间为用户提供最新的降雨预报。数据源自计算机自动运算出来的结果，其预报范围（图二的红色方框）覆盖东经 113.793 度至 114.454 度、北纬 22.142 度至 22.681 度的地域。《小涡旋》QPF 的原产品分辨率为横列 480 点、直行 480 点，覆盖以大帽山雷达位置为中心（图二中心点），东西南北走向各 128 公里范围约 0.5 公里间格的网格数据。为了提供合适的分辨率，《小涡旋》的延伸模块透过重新取样产生横列 35 点、直行 31 点即约两公里间格覆盖香港地区的网格数据。同时，网格点的雨量值需要进行平滑化，具体方法是对每一个网格点，利用包围该点 7 乘 7 网格的预报降雨平均值作为该网格点的预报降雨量。

《小涡旋》于雷达数据基时为 00, 12, 24, 36, 48 分时启动延伸模块以生产上述数据。从雷达开始扫描到完成整个数据生产过程，一般能在 12 分钟内完成。当数据都准备好后，有关产品便会通过服务器传送到《我的天文台》智能手机应用程序，供用家使用。

图三显示《定点降雨预报》的用户接口，程序以文字及天气图标序列方式显示用家所在或所选位置未来两小时逐半小时的降雨预报。天气图标分为 i) 无雨或三十分钟累积雨量少于 0.5 毫米，以及 ii) 三十分钟累积雨量多于或等于 0.5 毫米两种。因此，未来两小时的降雨图标序列共有 16 种可能情况，表一列出在每种情况下程序产生的预报文字描述。

此外，《定点降雨预报》亦提供未来两小时内每六分钟一张预测图像的动画（图四），让用家更了解香港地区未来两小时降雨区域分布及其移动情况。预测格点的降雨情况分为四大类，以不同颜色标志于预报图像的对应网格上。分别为：i) 30 分钟累计雨量少于 0.5 毫米；ii) 30 分钟累计雨量介乎 0.5 毫米至少于 2.5 毫米；iii) 30 分钟累计雨量介乎 2.5 毫米至少于 10 毫米；及 iv) 30 分钟累计雨量多于或等于 10 毫米。

此外，《定点降雨预报》亦提供降雨预报提示（图五）。当预测用户所在或所选位置未来两小时内将下雨时（即表一第 1 至第 15 种情况），程序便会自动提醒用户，重复提示的频率可由用户按需要自行调节。

### 4 预报表现及使用评价

开展服务前，天文台以 2011 年雷达 QPE 作为实况雨量的标准评估《定点降雨预报》的表现。验证以最严格的网格点对网格点的方式进行，采用命中率（简称 POD）及虚报率（简称 FAR）作为预报表现的指标。

从预测雨量分布的角度来说，命中率可理解为成功预测有雨的区域与雷达实测有雨的区域两者总面积之比例。故命中率愈高，表示愈大部分雷达实测到有雨的区域获成功预报出来。至于虚报率则可理解为错误预报有雨的区域与预测有雨的区域两者总

面积之比例。虚报率愈低，则表示愈大部分预报有雨的区域被验证为有雨。

图六显示定点降雨预报即雨量阈值为 0.5 毫米的验证结果。2011 年结果（图六(a)）显示，《定点降雨预报》的命中率在首三十分钟约为 76%，而虚报率则约为 26%。而第一小时的命中率及虚报率约为 58% 及 45%。第一个半及第二小时的命中率则分别为 47% 及 40%，对应的虚报率则为 55% 及 63%。由所可见，预报技巧随预报时效增加而下降。2012 年首 10 个月的验证结果（图六(b)）也显示出大致相若的预报能力和趋势。

降雨预报的准确度受多种与 QPE 和 QPF 技术有关的因素影响。QPE 方面，大气中的反常传播(anomalous propagation)以及其他噪音会产生无关降雨的雷达回波，因而导致虚报；此外，雷达的灵敏度有限，未必能侦测到较小的降雨，而海拔 2 公里高雷达反射率有时未能涵盖较低层的层状雨区，这都可能导致漏报。至于 QPF 方面，现行采用的外推法无法捕捉雨区的生长和消散，外推的速度和方向亦可能出现误差，因而影响定点降雨预报的准确度。

有鉴于预报的限制及避免市民混淆《定点降雨预报》及官方的天气警告，天文台在推出《定点降雨预报》时，特别在《定点降雨预报》的接口中加入有关预报准确度的注意事项，以提醒市民该程序就个别地点所表达的天气状况，可能与天文台为香港公众所发出的其他天气讯息有所出入，并特别强调市民在采取恶劣天气的应变措施时，应以天文台发放的最新本地天气预报、特别天气提示和恶劣天气警告为准。

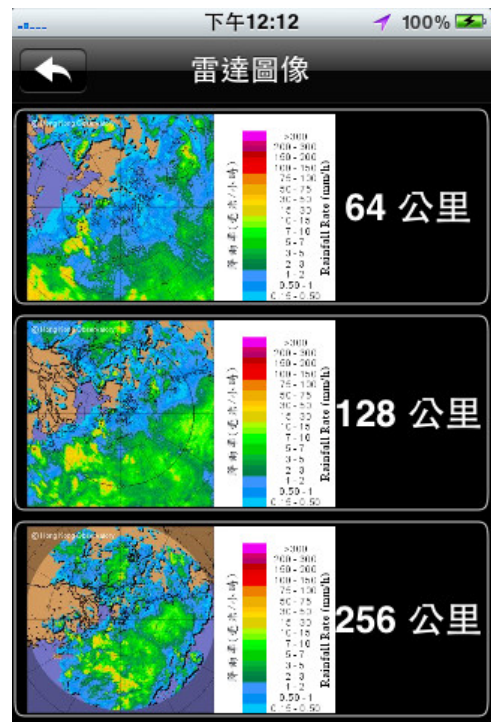
《我的天文台》自 2010 年推出以来，广受市民欢迎，iPhone、iPad 及 Android 版本及累计下载安装次数已超过 280 万次。而 2012 年的总浏览数字亦已超过 91 亿次，较 2011 年的数字增长约四倍，亦较同期天文台网站的总浏览数字为高(图七)。虽然《定点降雨预报》推出至今只有数月，但已屡获用户的正面评价，主动选择接收降雨预报通知的 iPhone/iPad 用户亦已逾一万二千多人。

## 5 展望及总结

天文台利用《小涡旋》的降雨临近预报资料配合智能手机的定位功能，成功在香港推出定点降雨预报服务。验证结果及网页的浏览数字表明定点降雨预报服务具有高度的实用价值。天文台亦会一如既往，在临近预报技术上锲而不舍地继续钻研，务求精益求精，以保证临近预报服务有持续发展的基础。

## 参考文献

- [1] Li, P.W., W.K. Wong, K.Y. Chan & Edwin S.T. Lai, 2000: SWIRLS — An Evolving Nowcasting System. Hong Kong Observatory Technical Note No.100.
- [2] Li, P.W. and E.S.T. Lai, 2004: Short-range quantitative precipitation forecasting in Hong Kong, *J. Hydrology*, 288, 189-209.
- [3] H.Y. Yeung, W.K. Wong, K.Y. Chan and S.T. Lai ,2009 :Applications of the Hong Kong Observatory Nowcasting System Swirls-2 in Support of the 2008 Beijing Olympic Games , *WMO Symposium on Nowcasting*. Whistler, B.C. Canada, 30 Aug - 4 Sep 2009.
- [4] 杨汉贤、陈世倜、郑元中，公众临近预报服务在香港的发展情况，第29届中国气象学会年会，中国沈阳，2012年9月12-14日
- [5] 杨汉贤、黄伟健、郑子路，2010：《多尺度流变分法》在临近降雨预报的应用和表现，第二十四届粤港澳气象科技研讨会，2010年1月20-22日，中国，深圳。
- [6] Robert, A., 1982: A semi-Lagrangian and semi-implicit numerical integration scheme for the primitive meteorological equations. *J. Meteorol. Soc. Japan*, 60, 319-325.



图一、天文台个人化定点天气服务《我的天文台》手机应用程序的部份画面

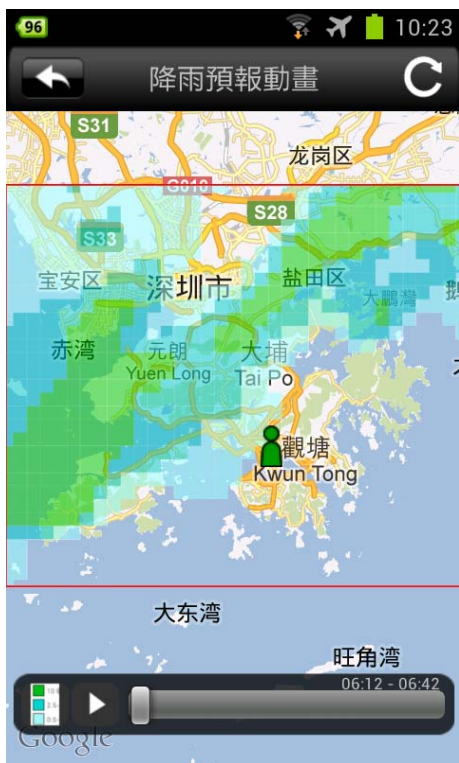


图二、《定点降雨预报》范围（图中红色框）



图三、《定点降雨预报》服务的用户接口





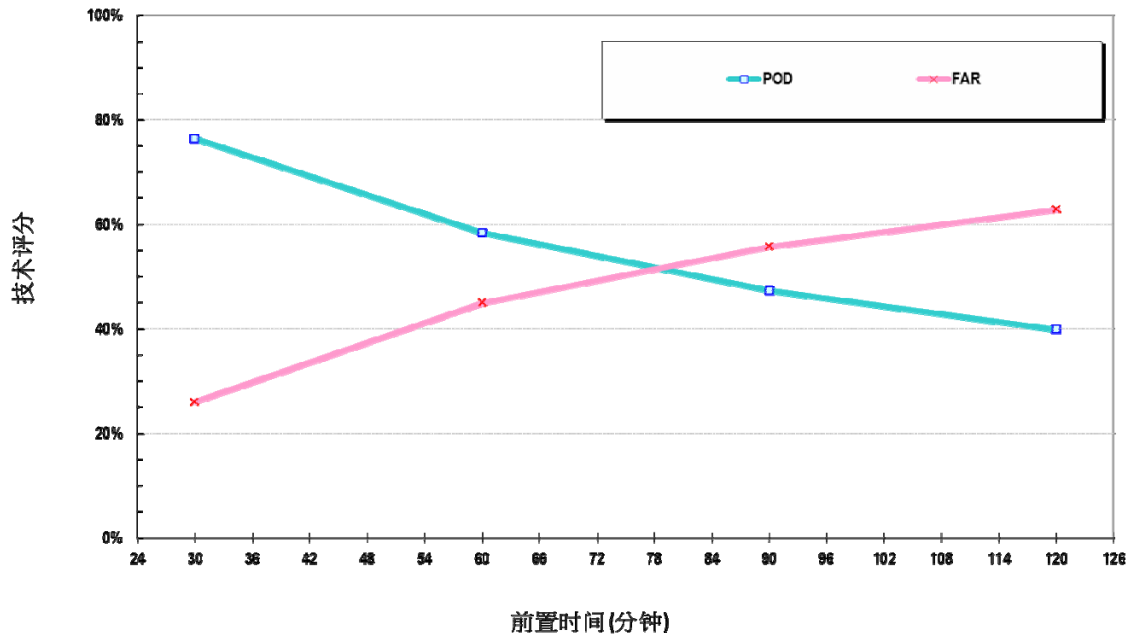
图四、《定点降雨预报》的降雨动画画面



图五、《定点降雨预报》的降雨预报提示

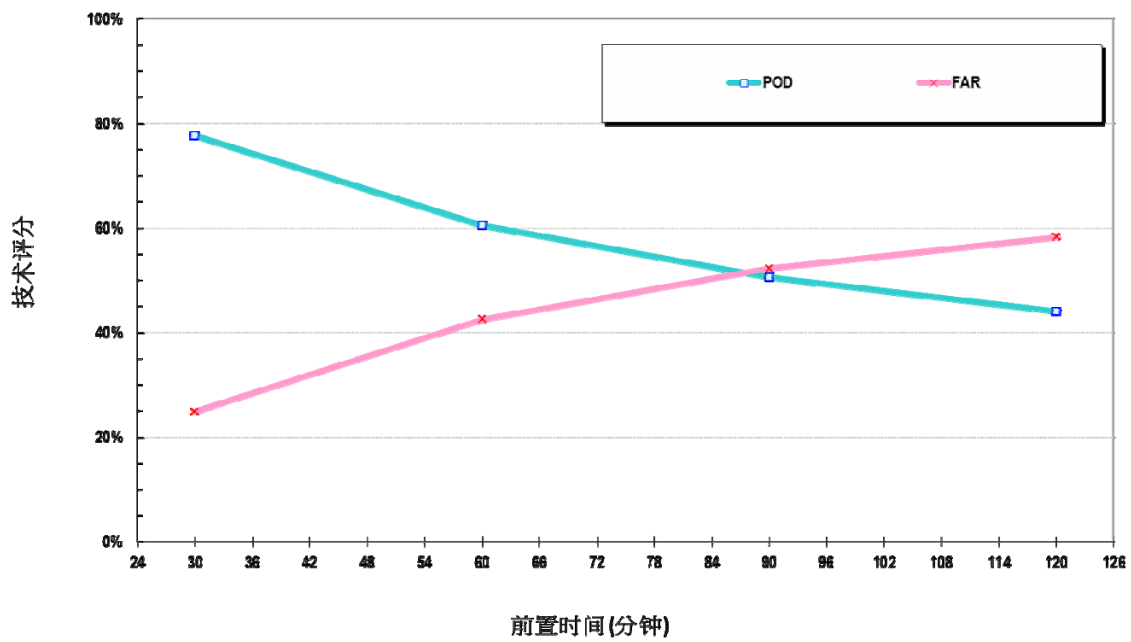
(a)

2011年1月至12月期间雨量阈值为0.5毫米的定点降雨预报验证结果

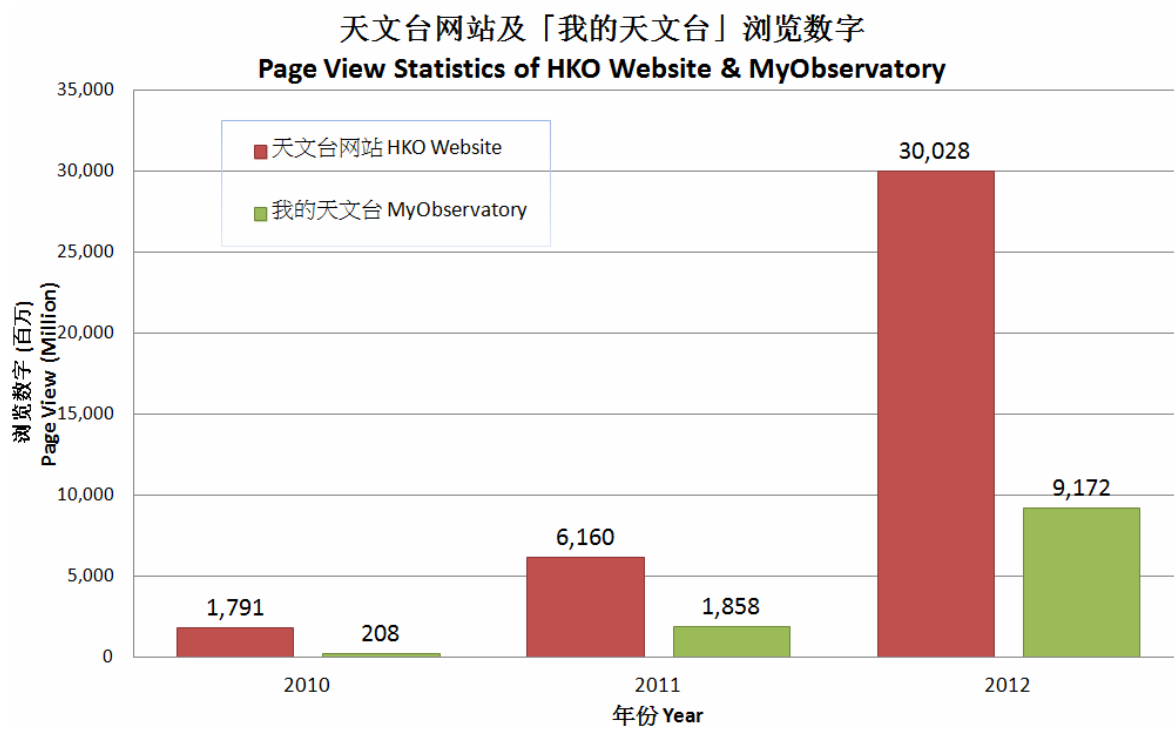


(b)

2012年1月至10月期间雨量阈值为0.5毫米的定点降雨预报验证结果



图六 (a) 及 (b)、2011 年 1 月至 12 月及 2012 年 1 月至 10 月期间定点降雨预报的验证结果。



图七、天文台网站及《我的天文台》浏览数字。

	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	所在 / 选择的位置 ...
1					有雨。
2					有雨。
3					有雨。
4					初时有雨。
5					有雨。
6					有雨。
7					有雨。
8					初时有雨。
9					将会有雨。
10					将会有雨。
11					将会有雨。
12					将会有雨。
13					将会有雨。
14					将会有雨。
15					将会有雨。
16					雨量轻微或无雨。

表一、降雨图标序列 16 种情况下的预报文字描述，T<sub>0</sub>、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 及 T<sub>3</sub> 代表未来两小时每半小时的时段。表中降雨图标代表该时段的三十分分钟累积雨量多于或等于 0.5 毫米。