



Reprint 1358

區域與全球閃電定位資料於珠三角地區的精細化比對

趙汝揚、李淑明

第 33 屆粵港澳氣象科技研討會

暨

第 24 屆氣象業務合作會議

(香港 2019 年 3 月 6 日-8 日)

区域与全球闪电定位数据于珠三角地区的精细化比对

赵汝扬 李淑明

香港天文台

摘要

天文台的闪电定位系统经过服务器和软件更新后，于2017年5月底投入业务运作。其后，闪电定位网络在2017年12月至2018年7月期间共更新或安装了6台新型号闪电仪，包括新增位于网络最南方的东澳，有助扩阔探测范围。完成了上述更新后，闪电定位系统的云地闪定位准确度和云间闪探测效率也有所提升。

此外，为支持亚洲航空气象中心的发展，天文台于2016年下旬开始向服务供货商购买实时全球闪电定位数据，作为航路危险天气资料的重要预报参考。

以上两组闪电定位数据至今已并行使用接近两年。本文对两者在珠三角地区所测得之总闪电密度分布(即包括云地闪和云间闪)以 0.01×0.01 经纬度网格进行精细化比对。结果表明，全球闪电定位数据虽然对大范围天气监测及预警有相当参考价值，但比对高密度并经优化的区域闪电定位网络，后者能更有效反映与地形相关的闪电分布的气候特征，而全球闪电定位数据在这方面仍有改善空间。

Fine-scale Comparison of Regional and Global Lightning Location Data over the Pearl River Estuary Region

CHIU Yu-yeung LEE Shuk-ming, Olivia
Hong Kong Observatory

Abstract

The Observatory has enhanced the Lightning Location Information System with new computer server and software. The enhanced system was put into operation in end-May 2017. Afterwards, 6 lightning sensors of new model were installed/replaced from December 2017 to July 2018. Among them is a new station established at Dongao Island, located at the southernmost part of the network which helps extending the detection coverage. The above enhancement brought improvements in cloud-to-ground lightning location accuracy and cloud-to-cloud lightning detection efficiency of the system.

Besides, with a view to supporting the development of the Asian Aviation Meteorological Centre, the Observatory began purchasing real-time global lightning location data from a service provider since late 2016, providing an important forecasting reference for en-route significant weather information.

The above sources of lightning location data have been used in parallel for nearly two years. This paper detailed comparison results of total lightning density distribution (including both cloud-to-ground and cloud-to-cloud lightning) at grid resolution of 0.01 x 0.01 degrees latitude/longitude as detected by the two systems over the Pearl River Estuary region. Results indicated that, while global lightning location data serves as a valuable reference for large-area weather monitoring and warning, the regional lightning location network, with its high sensor density and optimised configuration, is more effective in representing the climatological features of lightning distribution associated with topography, an area still to be improved in its global counterpart.

1. 背景

准确、及时的闪电定位信息对强对流天气的监测、预警和临近预报均十分重要，对保障公众安全和支持航空界等特殊用户起关键作用。天文台的闪电定位系统经过服务器和软件更新后，于 2017 年 5 月底投入业务运作[1]。其后，闪电定位网络在 2017 年 12 月至 2018 年 7 月期间共更新或安装了 6 台新型号闪电仪，包括新增位于网络最南方的东澳岛，有助扩阔探测范围。完成了上述更新后，闪电定位系统的云地闪定位准确度和云间闪探测效率也有所提升。此外，为支持亚洲航空气象中心的发展，天文台于 2016 年下旬开始向服务供货商购买实时全球闪电定位数据，作为航路危险天气资料的重要预报参考[2]。

以上两组闪电定位数据至今已并行使用接近两年。本文对两者在珠三角地区所测得之总闪电密度分布(即包括云地闪和云间闪)以达 0.01×0.01 经纬度的高分辨网格进行精细化比对，以检视区域和全球数据在本港邻近地区的探测表现和特征。

2. 闪电定位数据简介

2.1 天文台闪电定位系统 (LLIS)

自 2005 年起，香港天文台、广东省气象局和澳门地球物理暨气象局合作建立及运行闪电定位网络，在本港境内、广东沿岸及澳门装设闪电探测站，闪电数据传送至天文台的闪电定位系统(LLIS)，为珠三角一带提供实时区域闪电定位数据。

LLIS 在 2016 年进行服务器和软件更新，经调试优化后在 2017 年 5 月底投入业务运作。新系统具有较强数据处理能力，能融合广东省气象局和深圳市气象局同类系统的闪电数据作闪电定位计算之用，对广东沿岸的闪电探测能力有所提高（尤其是云间闪电）。

天文台在 2017 年 12 月至 2018 年 7 月期间更新了舂坎角、尖鼻咀、沙头角及渔仔探测站之闪电仪，并在赤鱘角和东澳岛建立了新闪电探

测站。上述六台新闪电仪于 2019 年初投入业务运作。加上原有位于广东省的三水、惠东、阳江探测站，现时闪电定位网络共有九个探测站（图一）。

增加了新闪电仪的闪电定位网络经优化后，闪电定位的准确度和探测效率也有所提升。在所有探测站正常运作的情况下，于网络的范围内，系统检测云对地闪电位置的准确度约为 250 米；而云对地闪电探测效率，即闪电定位网络能测到一道电流大于某一强度的闪电的概率估计达 95%；至于云间闪电的探测效率则高于 50%。

2.2 GLD360 全球闪电定位数据

天文台为支持亚洲航空气象中心的发展，于 2016 年下旬开始向服务供货商购买实时全球闪电定位数据(GLD360)。根据该公司提供的资料 [3]，GLD360 数据运用低频至超低频长程探测网技术，云地闪定位精度中位数在 1.5 至 2.5 公里之间，在北半球大多数地区的闪电探测效率高于 80%，在南半球的探测效率介于 10~80% 之间。该数据包括闪电发生的时间、位置、电极及电流等信息，但并不分辨云地闪和云间闪。

另外，天文台的接收记录显示，GLD360 闪电数据档案抵达天文台服务器的时间，与档案载有的闪电发生时间，一般存有约 1 分钟的滞后，这与供货商的陈述相符。

3. 闪电密度比对

本文利用 2017 年 6 月至 2018 年 5 月，即 LLIS 更新服务器和软件后一整年的数据作比对研究。以下段落简单介绍相关算法。

3.1 闪电密度空间分布算法

闪电密度空间分布算法参考文献[4]。由于区域及全球闪电定位数据均以经纬度表示空间位置，本文采用每平方经纬度为基数，计算闪电

密度（即指定范围、指定时间内出现的闪电次数）。下文提到的 0.1×0.1 经纬度网格对应约 10 公里 \times 10 公里水平分辨率，而 0.01×0.01 经纬度网格对应约 1 公里 \times 1 公里。有见 GLD360 数据未能分辨云地闪和云间闪，本文所考虑的闪电密度均采用总闪电次数（即云地闪和云间闪总和）。

3.2 闪电定位数据时空比对算法

文献[5]提出了一套精细算法，对不同闪电定位数据以逐次闪电为基础仔细比对。参考该算法，本文将每一项在 112.5°E 至 115.5°E 和 21.0°N 至 23.5°N 范围内（即珠三角一带）的 LLIS 和 GLD360 闪电记录，在指定空间和时间的窗口逐次进行匹配。空间的窗口由 0.05 度至 0.50 度的经纬距不等，而时间的窗口则由 0.1 秒至 1.0 秒不等。在不同空间和时间窗口的组合下，计算 LLIS 和 GLD360 的闪电探测符合率（Coincidence Percent, 简称 CP 值）。参考海外经验（文献[5]和[6]），在缺乏主动验证基准（如人工激发电闪电等）的情况下，相互比对不同闪电定位数据，似乎是掌握不同系统表现的较有效方法。

4. 精细化比对结果

图二和图三分别为 LLIS 和 GLD360 的大范围闪电密度分布图。分析范围为 108.0°E 至 118.0°E 和 15.0°N 至 25.0°N ，即华南一带至南海北部，分辨率为 0.1×0.1 经纬度网格。

比较两者，LLIS 的闪电定位主要利用来自本港境内及广东沿岸 9 个闪电探测站的数据，由于受到这些闪电定探测站分布位置所限（图一），LLIS 有效探测范围距离本港约 300 至 500 公里，这与文献[2]所述相符。细看珠三角附近的闪电密度分布，可见两者皆显示本港邻近地区出现三个局地峰值区，分别在（一）珠三角北端、（二）澳门以南，和（三）本港东南部水域，但空间分布存有若干差异。

图四和图五以 0.01×0.01 经纬度网格的更高分辨率集中分析珠三角

一带的闪电密度分布，分析范围为 112.0°E 至 116.0°E 和 21.0°N 至 24.0°N 。与图二和图三相比，不同颜色对应的数值间距更为细致。

从图四可见，LLIS 数据显示澳门以南和本港东南部水域的峰值区与图二和图三的结论相符，位置和形状亦与图五 GLD360 数据一致，但后者所测得的闪电次数较低。至于上段所述珠三角北端的峰值区，图四显示其空间分布其实更广更复杂，由广州一直伸延至澳门以北，并覆盖珠江口的水体表面。相比之下，图五中 GLD360 数据似乎未能有效反映该区的闪电数目以及复杂分布。

图六和图七依据文献[5]，对图四和图五分析范围内（即 112.0°E 至 116.0°E 和 21.0°N 至 24.0°N ）LLIS 和 GLD360 一年间的闪电纪录进行逐次匹配。图五显示于指定的经纬距离内（每条曲线分别代表由 0.05 至 0.5 经纬度不等的指定间距）CP 值随着不同时间窗口的变化（横轴为 0.1 至 1.0 秒不等的的时间窗口）。图六则显示指定时间窗口下（每条曲线分别代表由 0.1 至 1.0 秒不等的的时间窗口），CP 值与不同经纬距离的变化（横轴为 0.05 至 0.5 经纬度不等的指定间距）。

从以上两图可见，两套闪电定位数据的 CP 值随着时间及空间窗口扩阔而上升，至最高约 80%左右。参考文献[5]，若采取时、空分别为 0.4 秒和 0.15 经纬度的窗口，CP 值约为 65%。这与文献[5]中 Earth Networks Total Lightning Network (ENTLN，一套地基较高频全球网络)和 Lightning Imaging Sensor (LIS，TRMM 卫星搭载的闪电成像仪)在北美洲范围的比对结果相若，反映 GLD360 的探测效能似乎与其他供货商相若。

5. 总结

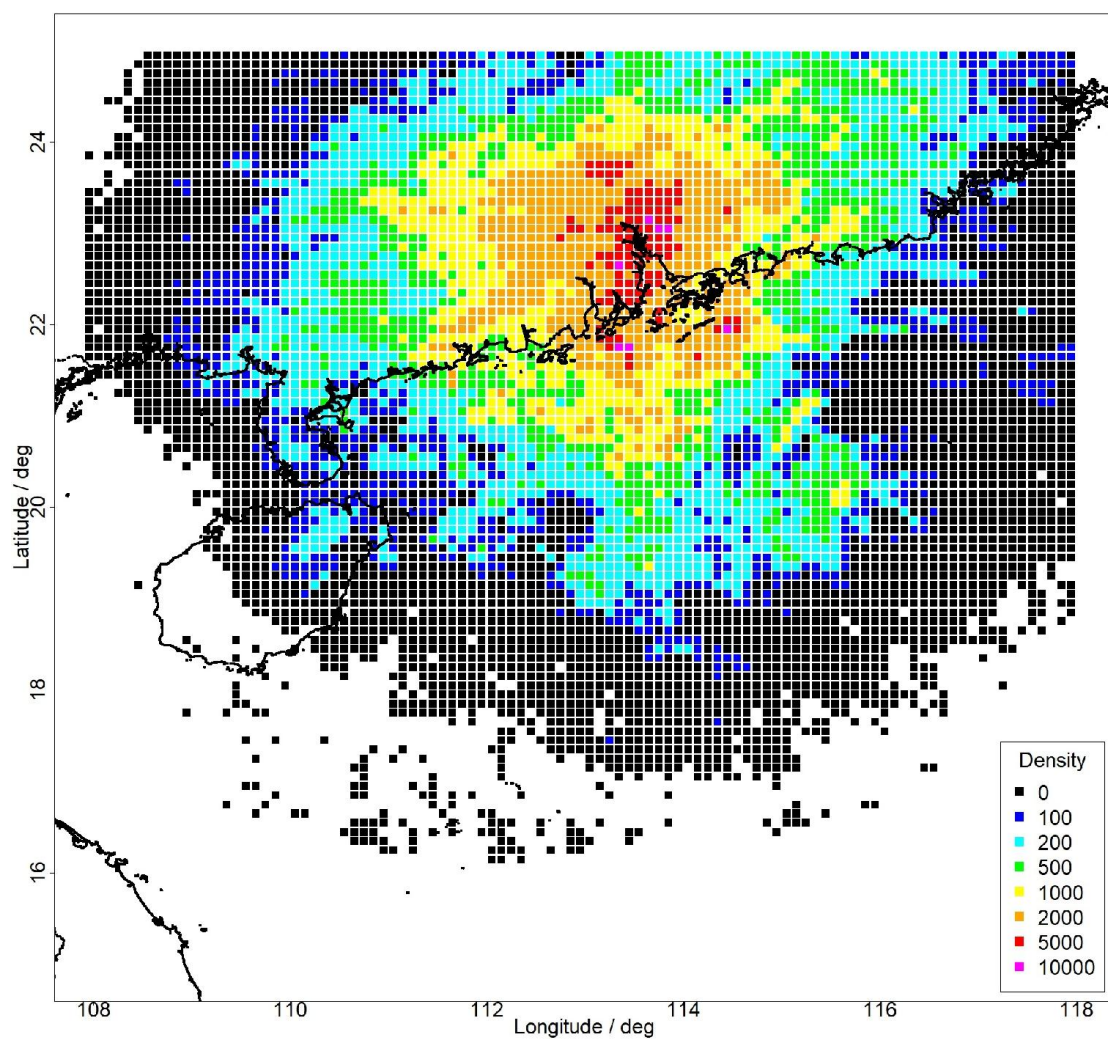
全球闪电定位数据虽然对大范围天气监测及预警有相当参考价值，但比对高密度并经优化的区域闪电定位网络，后者能更有效反映与地形相关的闪电分布的气候特征，全球闪电定位数据在这方面仍有改善空间。

6. 参考文献

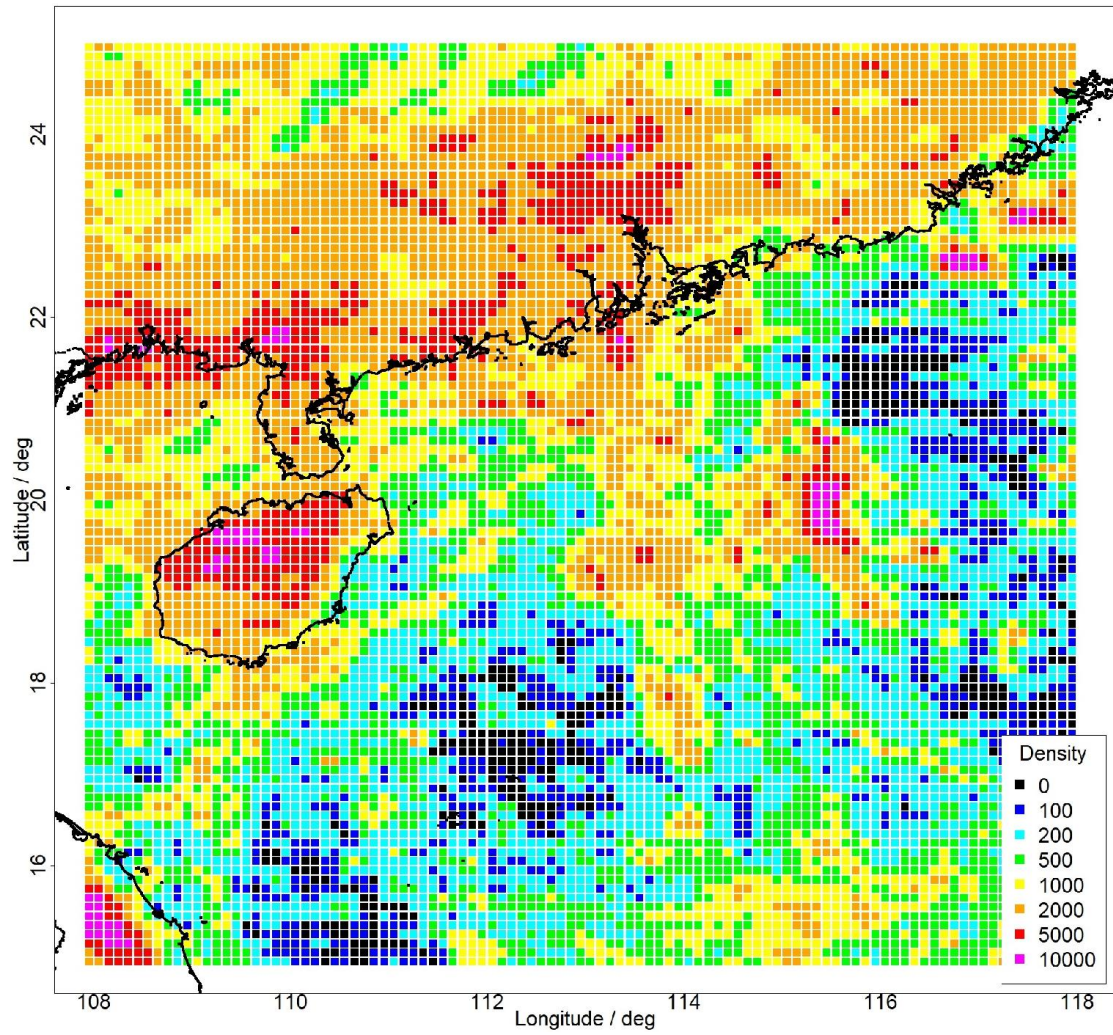
- [1] 林学贤、李淑明、韩启光，2018：粤港澳闪电定位网络的最新发展及与超强台风天鸽相关之数据分析。第 32 届粤港澳气象科技研讨会暨第 23 届气象业务合作会议，澳门，2018 年 1 月 8 日-10 日。
- [2] 韩启光、李淑明，2017：区域与全球闪电定位数据于广东沿岸的初步比对。第 31 届粤港澳气象科技研讨会暨第 22 届气象业务合作会议，香港，2017 年 2 月 27 日-3 月 1 日。
- [3] Vaisala 2014: Vaisala Global Lightning Dataset GLD360 (<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/WEA-MET-GLD360%20Datasheet-B210800EN.pdf>)
- [4] Vogt, B.J., S.J. Hodanish, 2014: A high-resolution lightning map of the state of Colorado. *Mon. Wea. Rev.*, 142, 2353-2360.
- [5] Thompson, K., M. Bateman, and L. Carey, 2014: A comparison of two ground-based lightning detection networks against the satellite-based Lightning Imaging Sensor (LIS). *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 31, 2191–2205.
- [6] Abarca, S.F., K.L. Corbosiero and T.J. Galarneau Jr., 2010: An evaluation of the Worldwide Lightning Location Network (WWLLN) using the National Lightning Detection Network (NLDN) as ground truth. *J. Geophys. Res.*, 115, D18206.



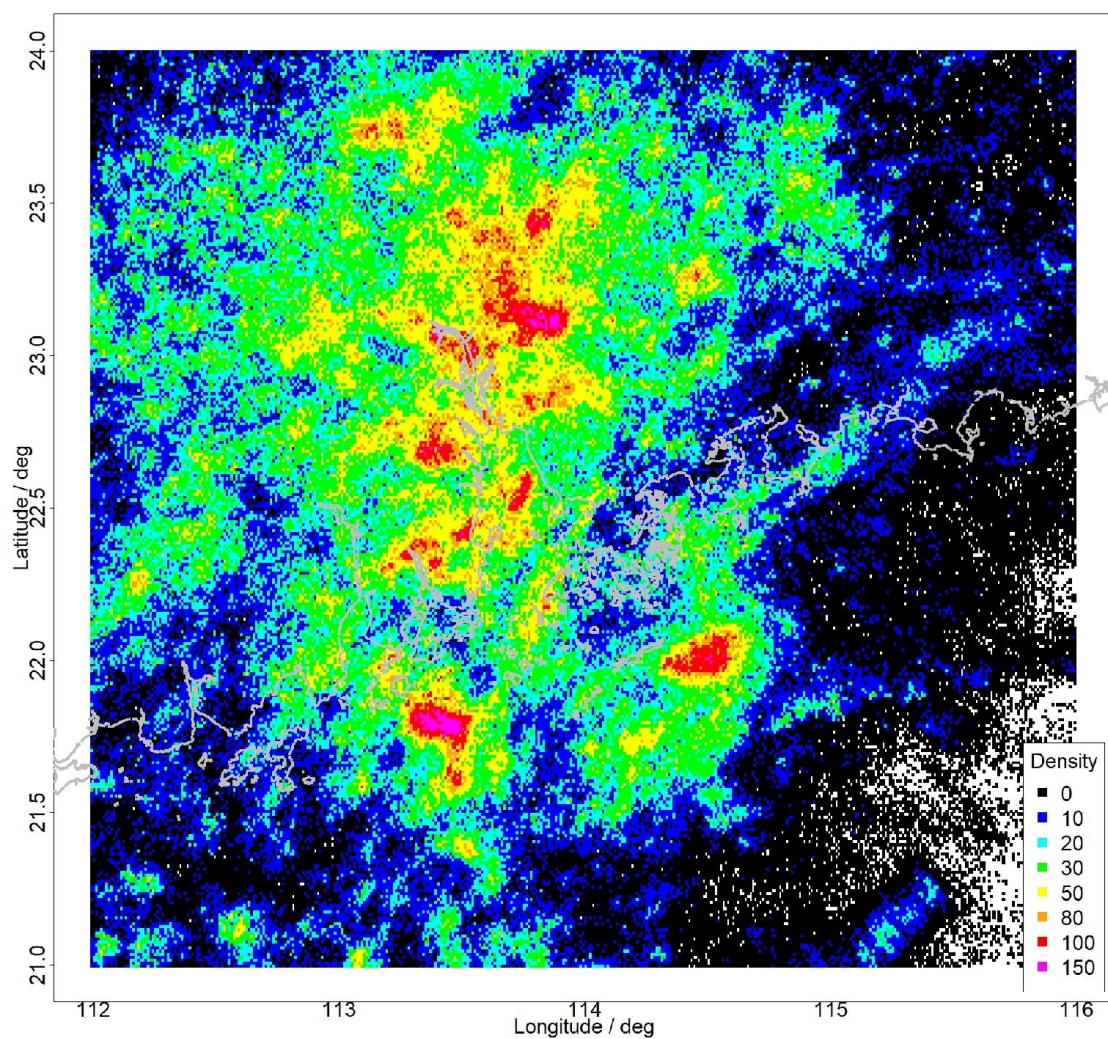
图一 闪电定位网络探测站的位置。



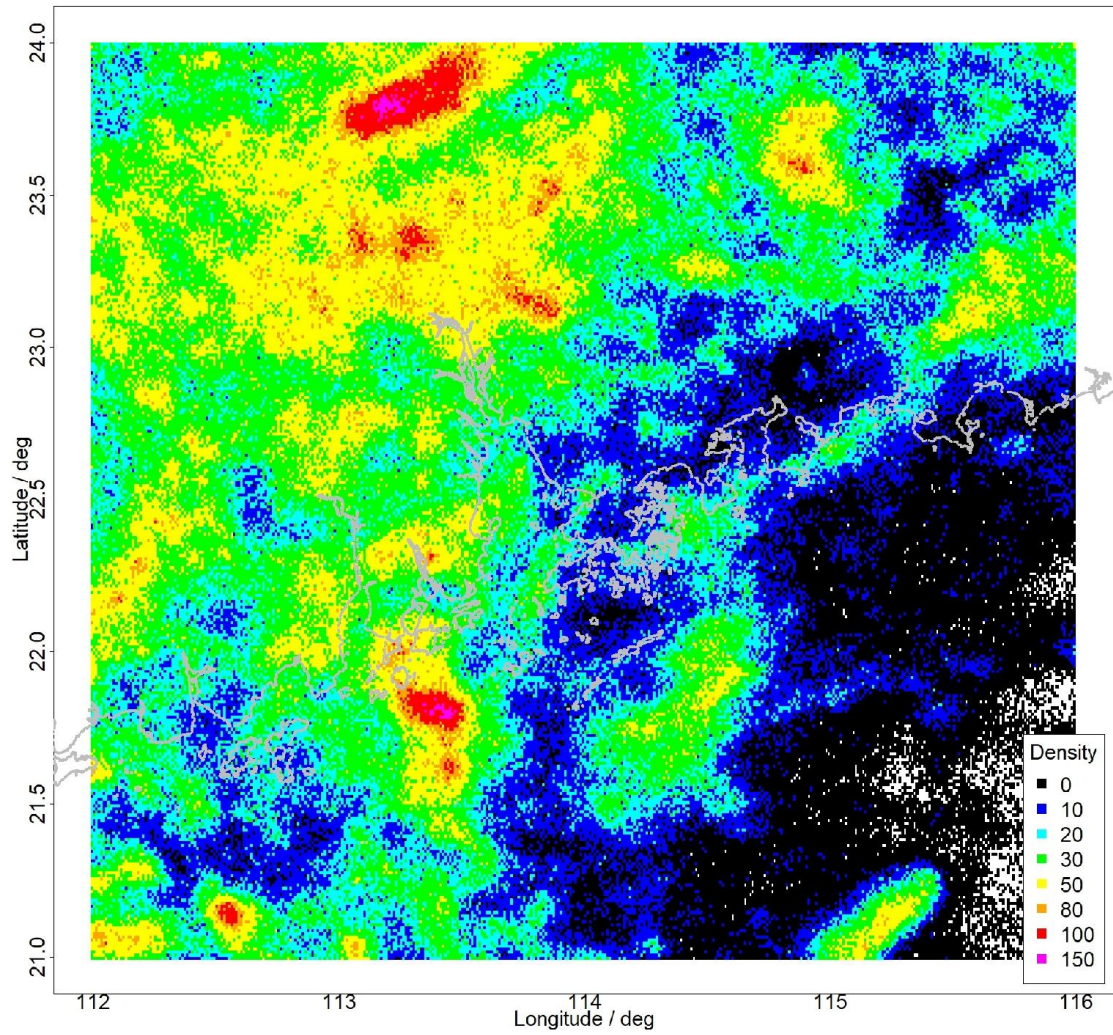
图二 在2017年6月至2018年5月，天文台闪电定位系统(LLIS)的闪电定位数据密度图。图中所分析的范围为108.0°E至118.0°E和15.0°N至25.0°N，分辨率为0.1 x 0.1经纬度网格。



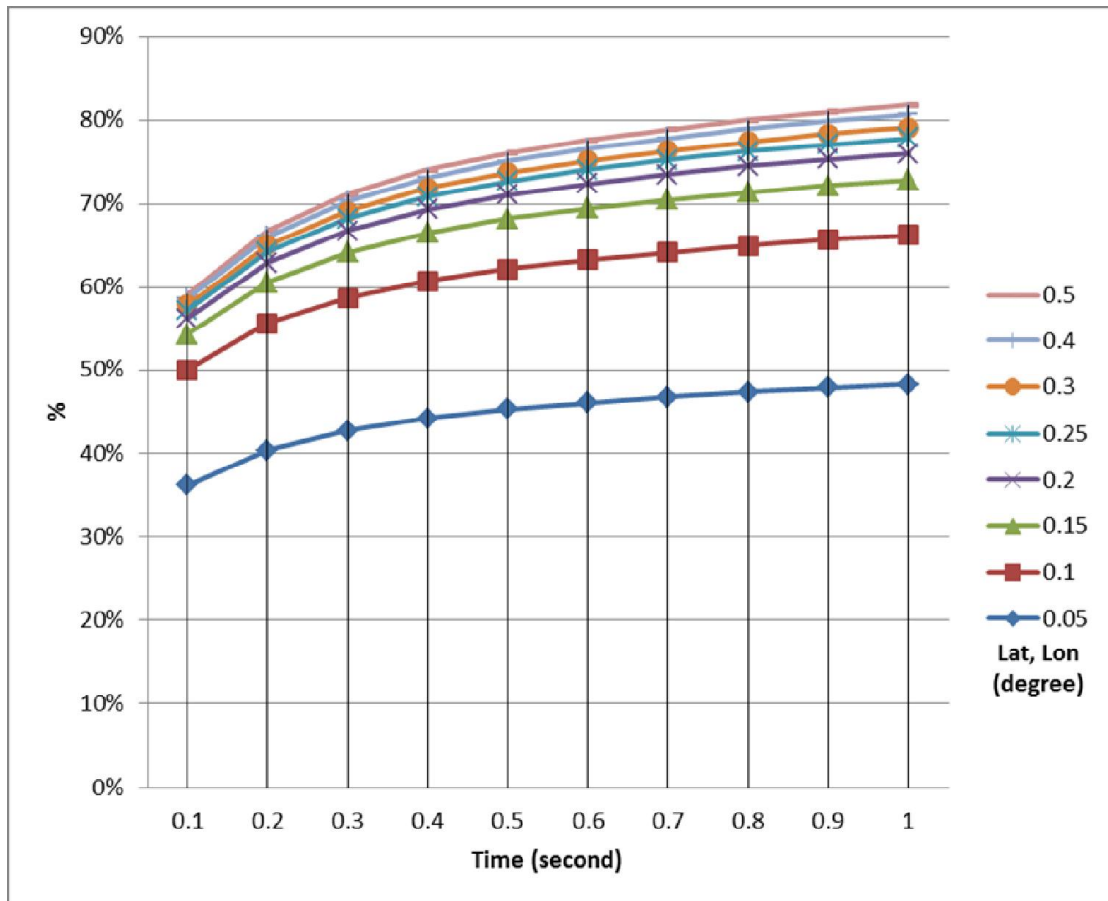
图三 在2017年6月至2018年5月，GLD360全球闪电定位数据的闪电定位数据密度图。图中所分析的范围为108.0°E至118.0°E和15.0°N至25.0°N，分辨率为0.1 x 0.1经纬度网格。



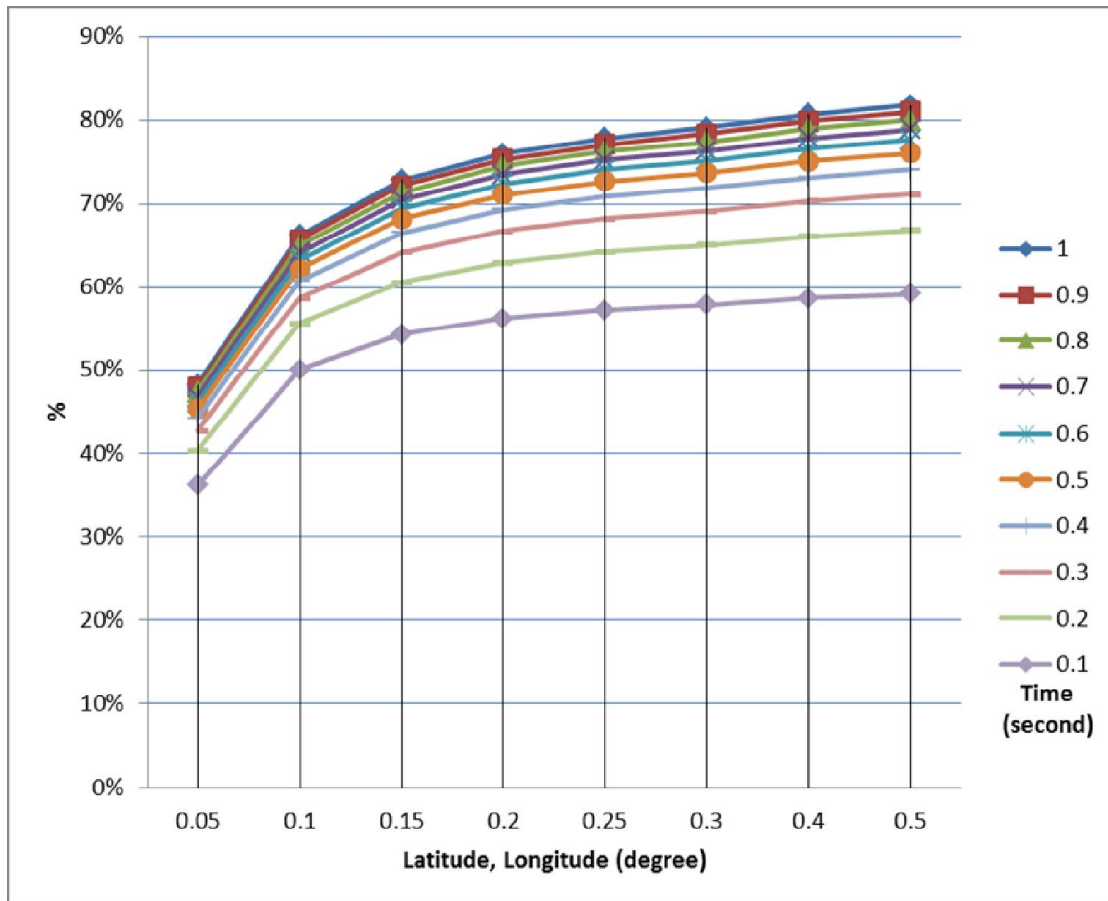
图四 在2017年6月至2018年5月，天文台闪电定位系统(LLIS)的闪电定位数据密度图。图中所分析的范围为112.0°E至116.0°E和21.0°N至24.0°N，分辨率为0.01 x 0.01经纬度网格。



图五 在 2017 年 6 月至 2018 年 5 月，GLD360 全球闪电定位数据的闪电定位数据密度图。图中所分析的范围为 112.0°E 至 116.0°E 和 21.0°N 至 24.0°N，分辨率为 0.01 x 0.01 经纬度网格。



图六 天文台闪电定位系统 (LLIS) 的闪电定位数据与 GLD360 全球的闪电定位数据，于指定的经纬距离内，随着不同时间窗口下，所得的闪电探测符合率。



图七 天文台闪电定位系统 (LLIS) 的闪电定位数据与 GLD360 全球的闪电定位数据，于指定的时间窗口下，随着不同经纬距离内，所得的闪电探测符合率。