

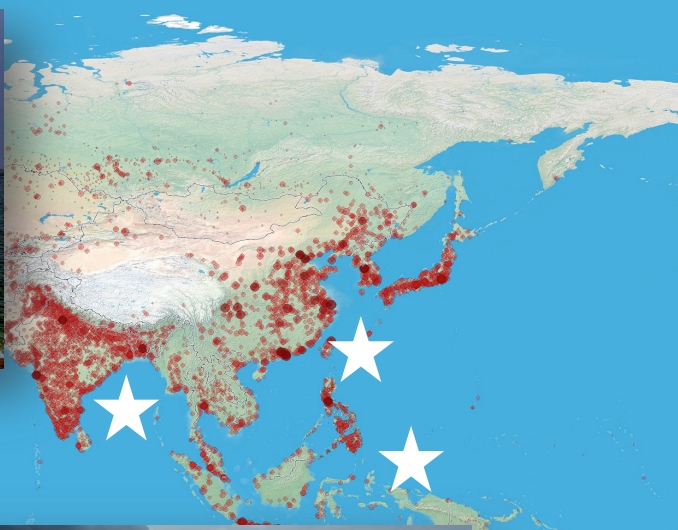


全球海岸降水日变化峰值的离岸传播

汇报人：方俊颖（热带所）

合作者：杜宇（中山大学）

强降水对全球海岸地区的重要影响



Population, city density world map
www.population.city, 1015-11-20

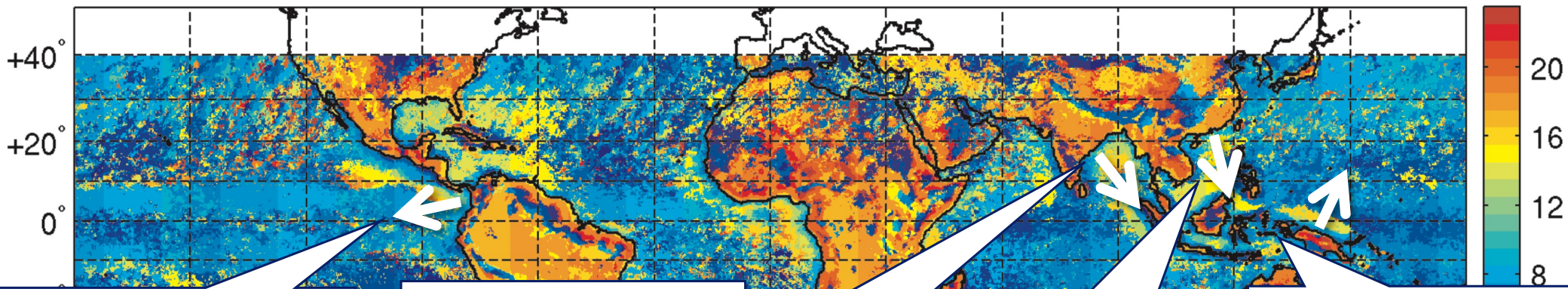
- 5 000+
- 50 000+
- 500 000+
- 5 000 000+



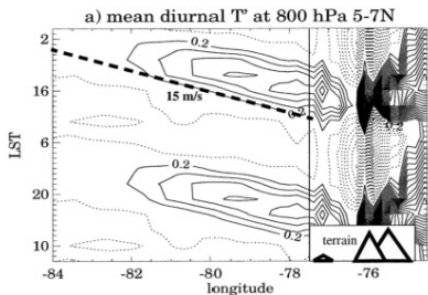
© Population City

海岸降水日变化峰值离岸传播特征的全球异同？

降水峰值时间的全球分布



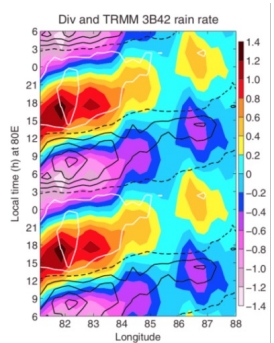
哥伦比亚



清晨开始 15 m/s

(e.g. Mapes et al. 2003)

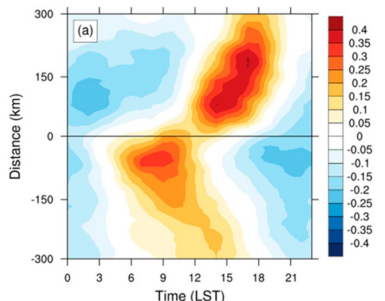
孟加拉湾



凌晨开始 18 m/s

(e.g. Kilpatrick et al. 2019)

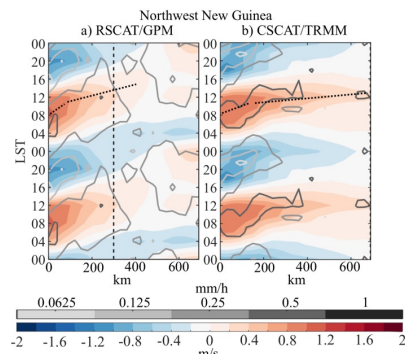
华南



早晨开始 16 m/s

(e.g. Du and Rotunno 2018)

海洋性大陆



清晨开始 4 m/s

(e.g. Short et al. 2019)

全球海岸降水日变化峰值离岸传播的主导机制？

主要机制

背景风

密度流

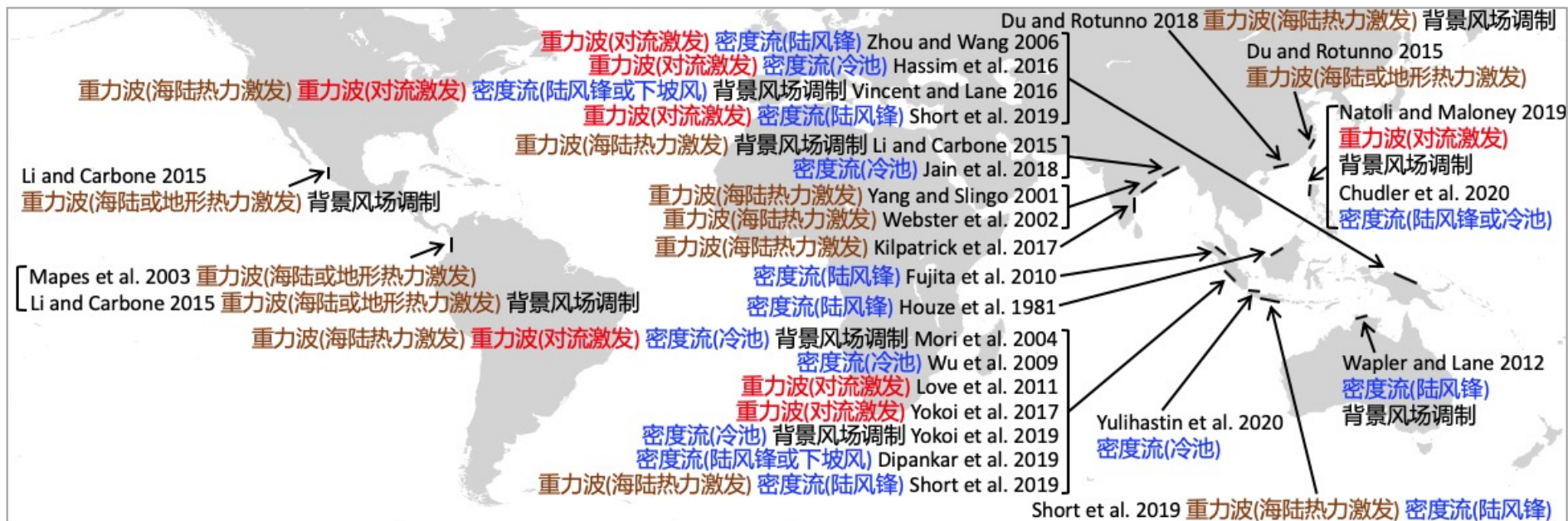
重力波

冷池

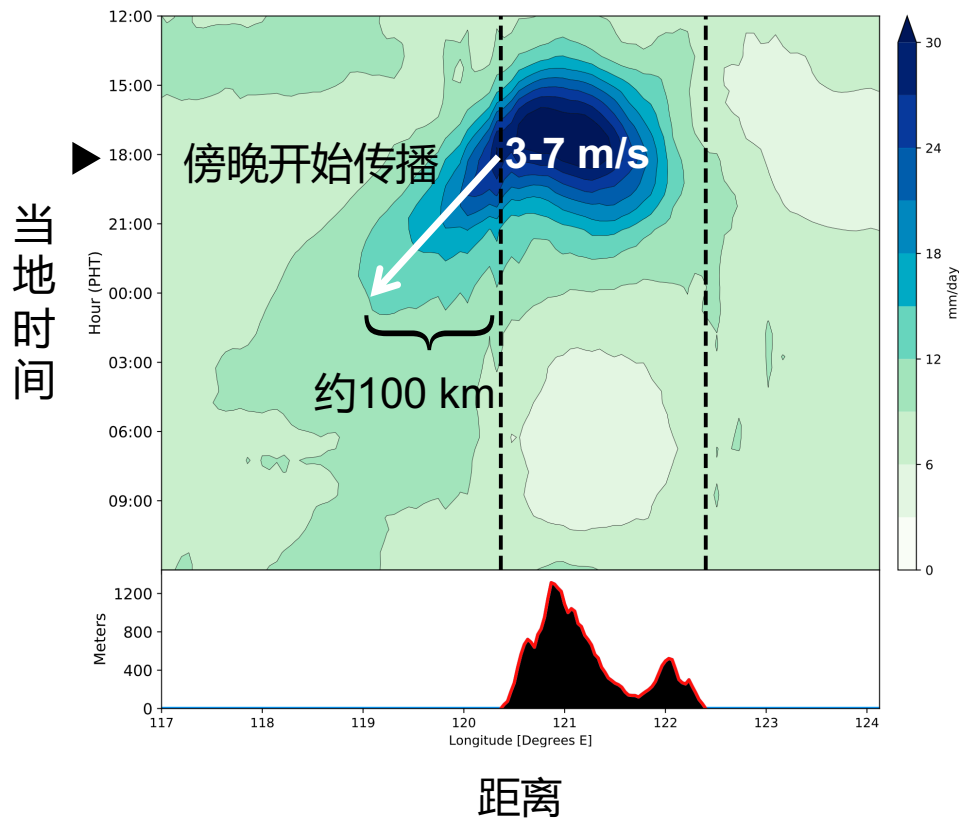
陆风或下坡风

海陆热力差异激发的惯性重力波

对流激发的重力波



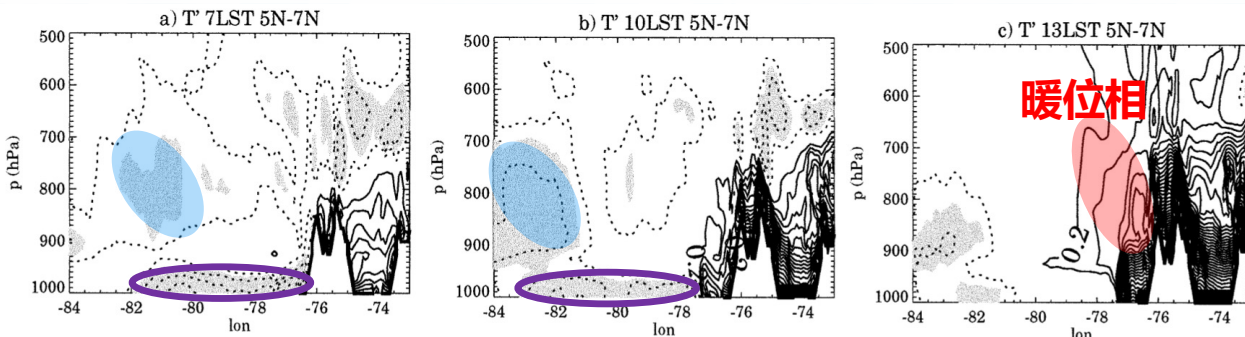
密度流主导下的海岸降水日变化峰值离岸传播



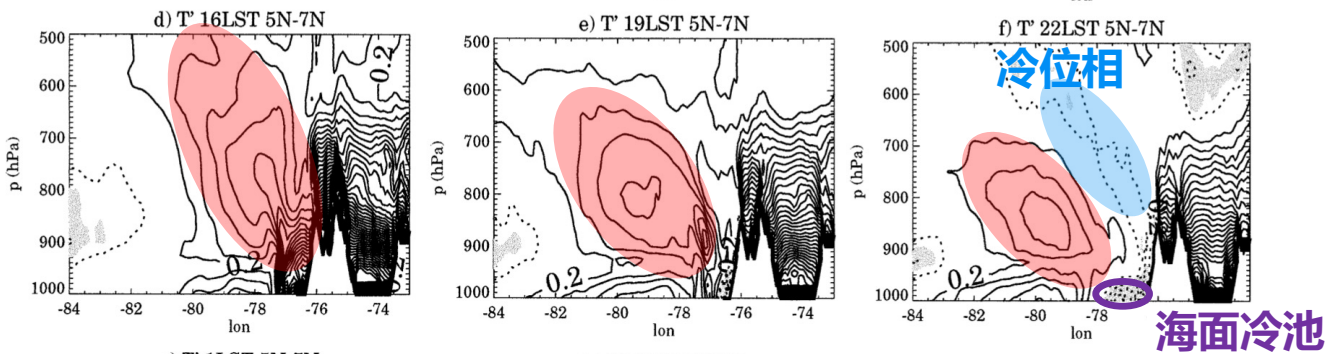
(e.g. Natoli and Maloney 2019)

海陆热力差异激发的惯性重力波主导下的海岸降水日变化峰值离岸传播

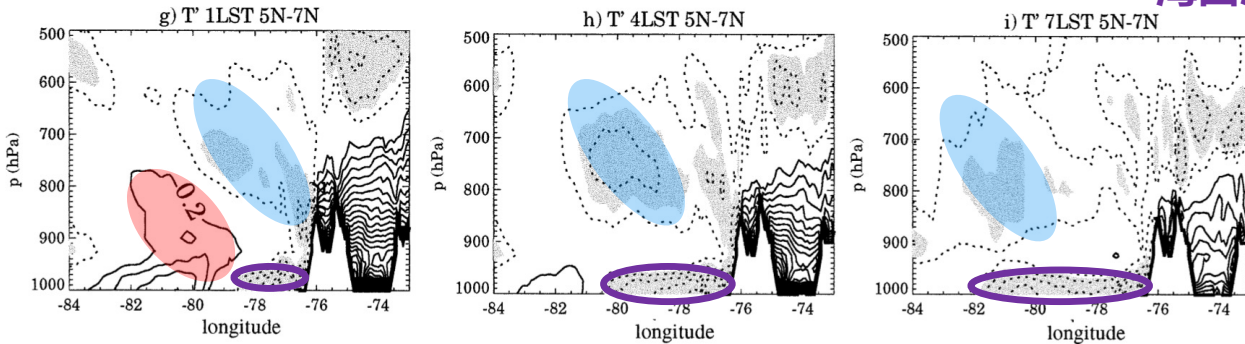
上午



午后



凌晨



(Mapes et al. 2003)

波长: ~500 km

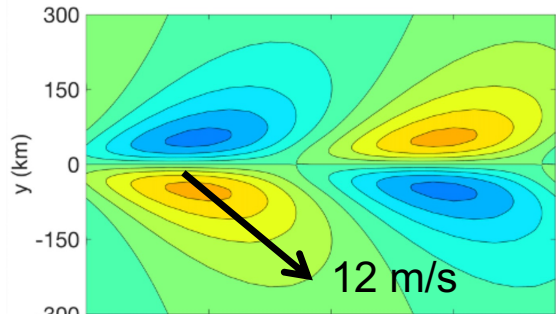
海陆风环流可包含惯性重力波
(Rotunno 1983)

热力作用:
低层冷异常, 增强上升气流

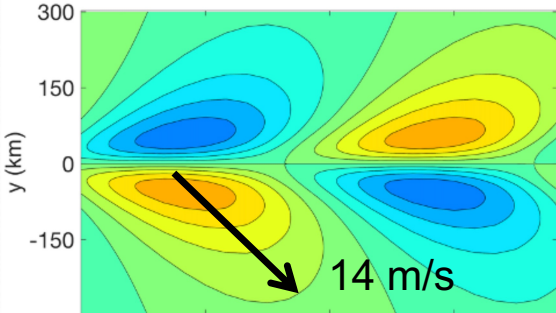
动力作用:
增强海面辐合, 抬升海面空气
(Kilpatrick et al. 2017)

海陆热力差异激发的惯性重力波的特征

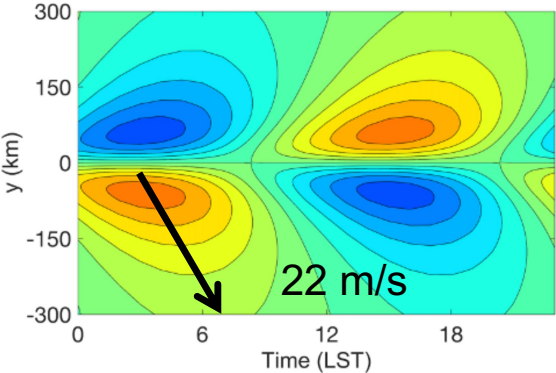
纬度 = 0°



纬度 = 18°



纬度 = 29°

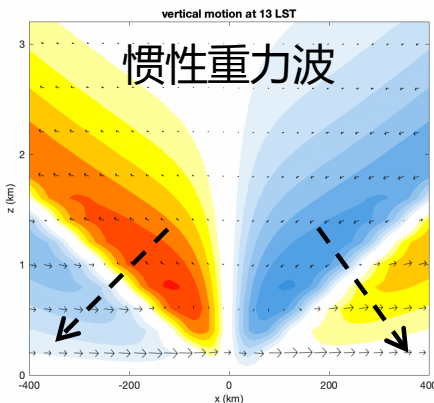


纬度

线性海陆风模型解析解

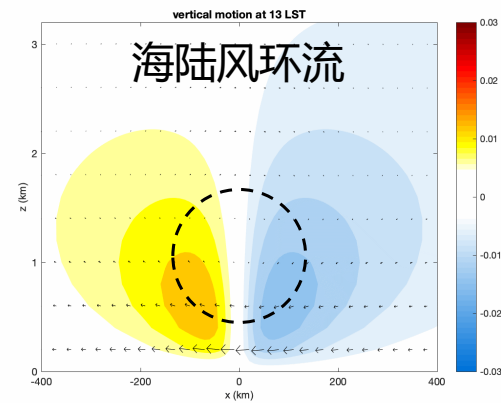
纬度 $< 30^\circ$

纬度 $\geq 30^\circ$



惯性重力波

传播



海陆风环流

锁相

垂直速度

(Du and Rotunno 2015)

科学问题

以**全球统计**作为切入点

开展对海岸降水日变化峰值离岸传播现象的**观测研究**

揭示全球海岸降水日变化峰值离岸传播的**特征和机制**

研究数据

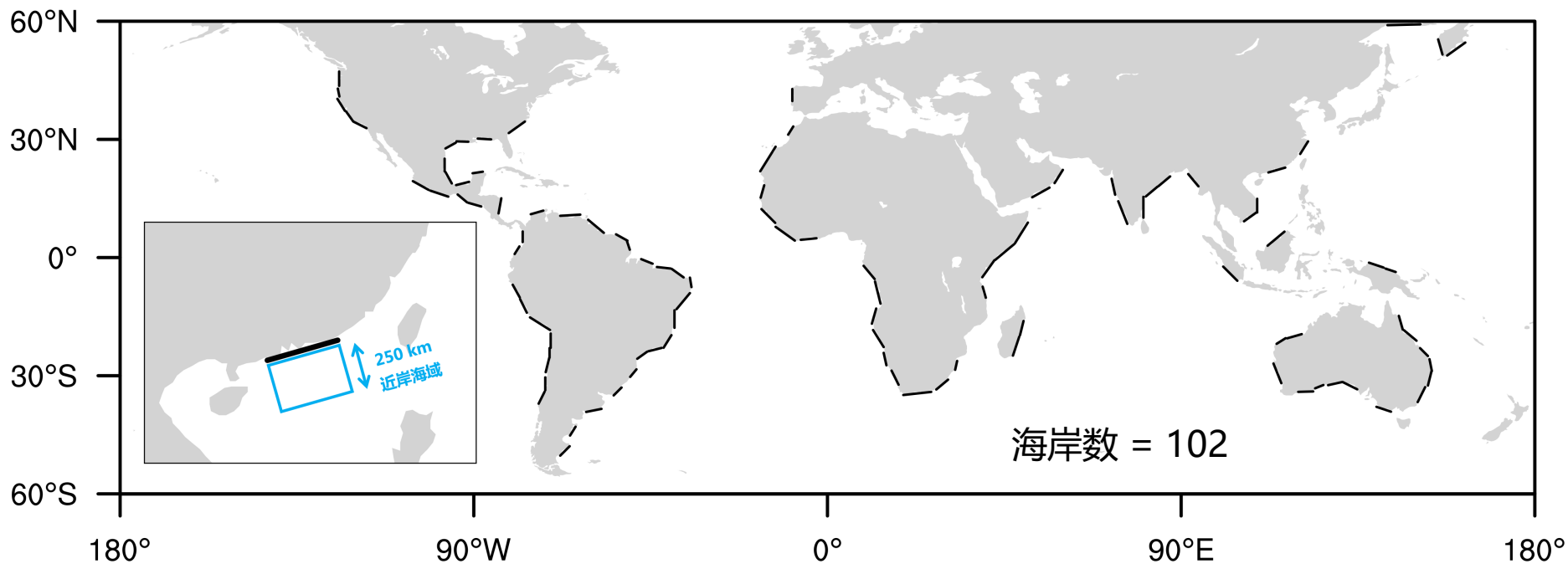
研究时段：1998–2015年

降水：CMORPH v1.0 卫星资料 (30 min, 8 km, 60°S–60°N)

风场和比湿：ERA5 再分析资料 (逐月, 0.25°)

海岸选取标准：

1. 覆盖全球范围，均匀选取
2. 海岸线足够平直，凹凸不超过50公里
3. 海岸线长度超过250公里
4. 排除距离对岸小于800公里的海岸
5. 陆地一侧的宽度超过250公里



全球海岸降水日变化的分类

总样本 = 102条海岸 x 12个月 = 1224

傅立叶分析的第一谐波(日变化)解释方差

>50% (日变化显著)

<50% (日变化不显著)

降水峰值离岸传播

降水峰值集中在3小时内

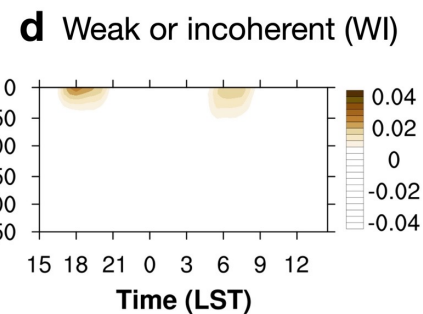
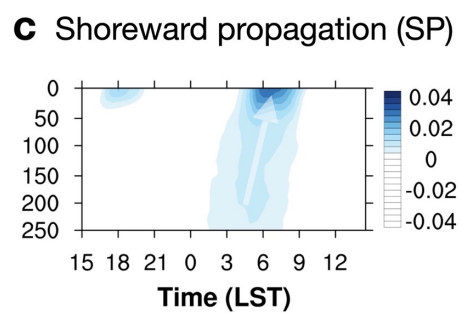
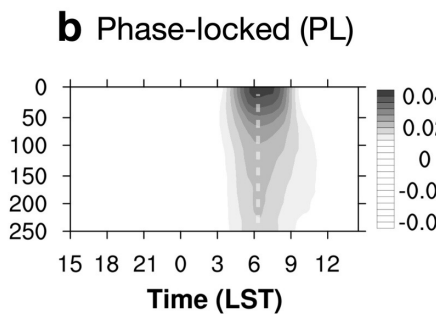
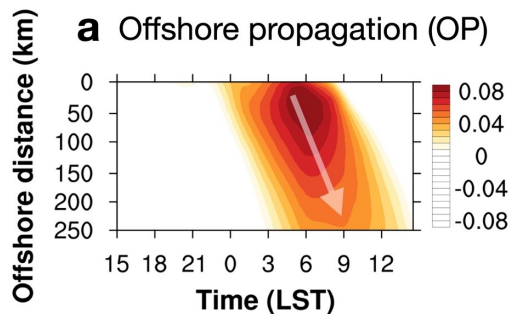
降水峰值向岸传播

离岸传播

锁相

向岸传播

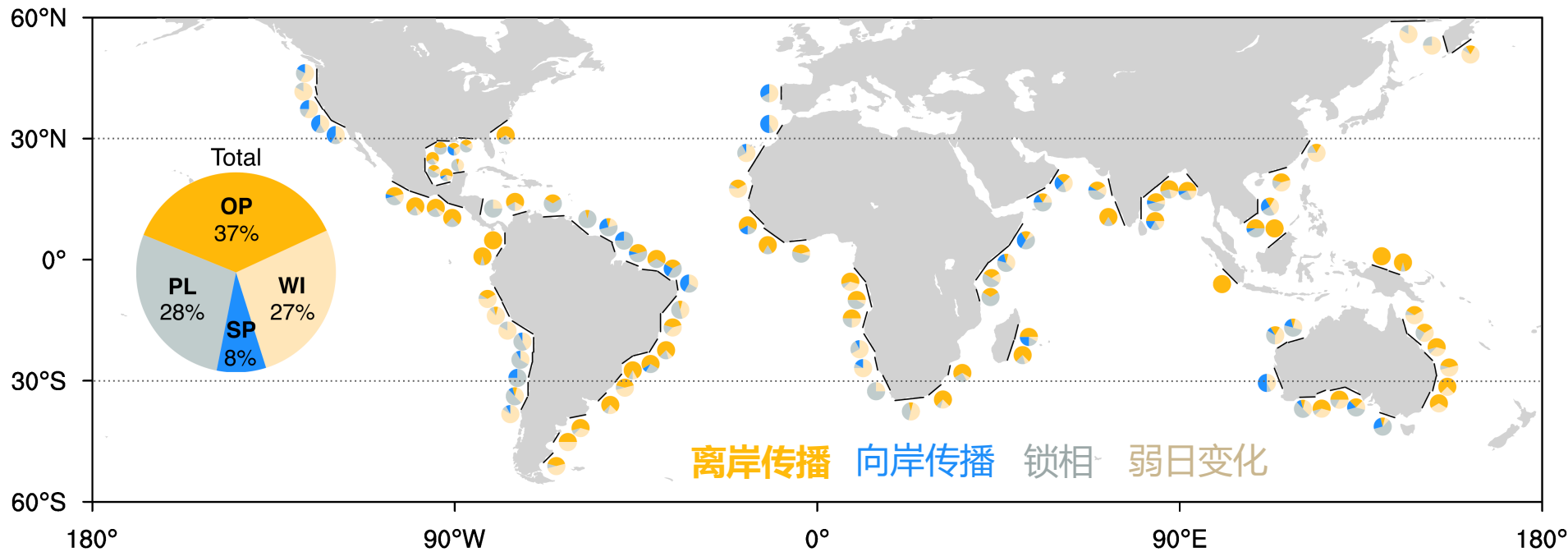
弱日变化



降水离岸传播的全球分布

发生频率

全球 78% 的海岸存在降水离岸传播



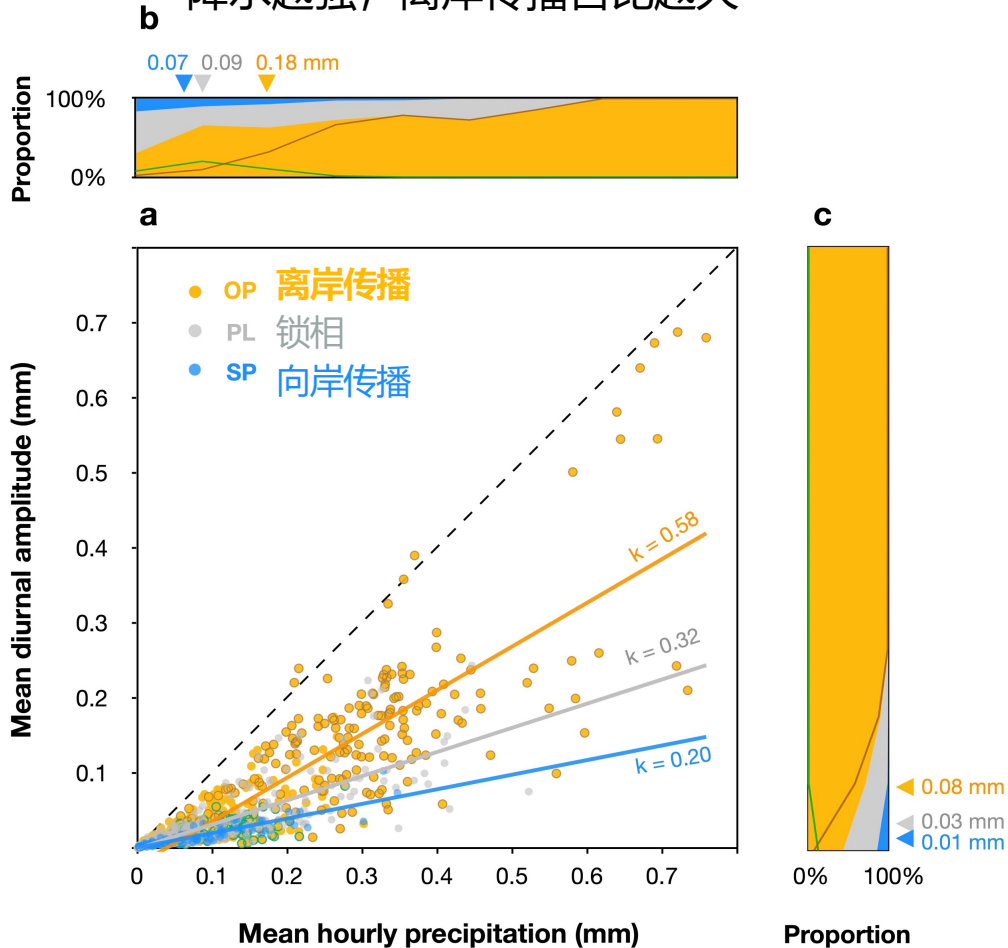
降水贡献

降水离岸传播主导全球海岸降水

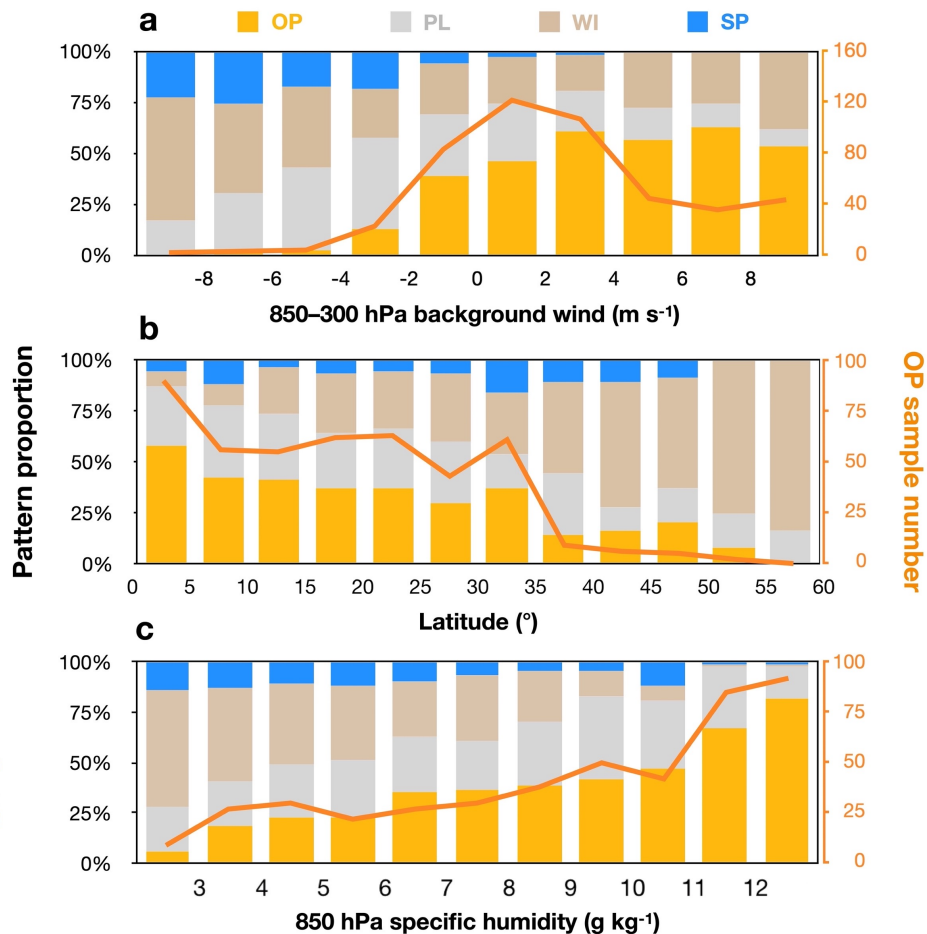


降水离岸传播的影响因子

降水越强，离岸传播占比越大



背景风、纬度、水汽的影响

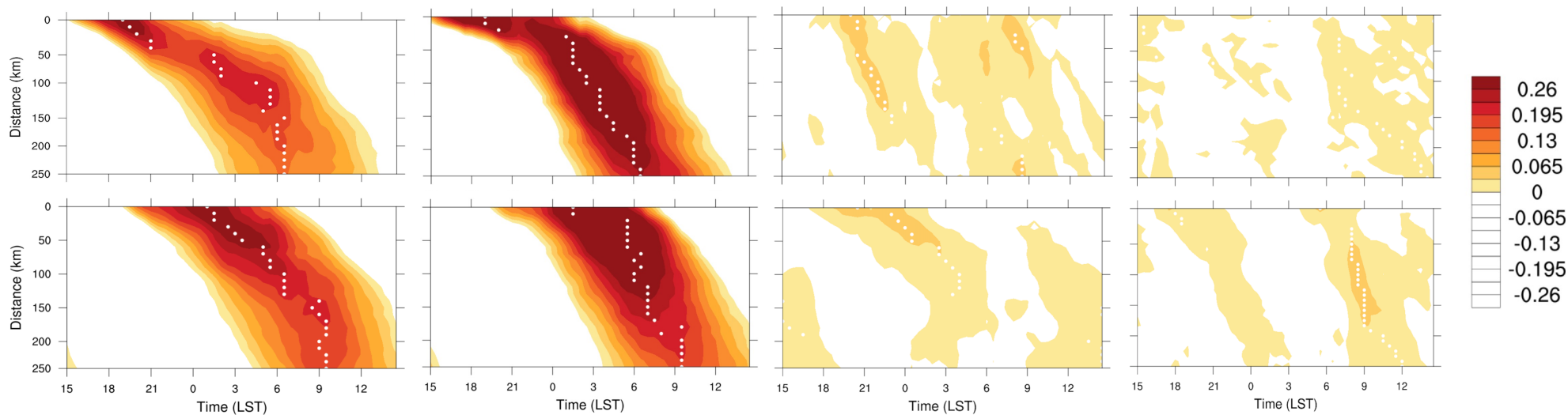


筛选出显著的离岸传播

定义：比湿 > 11 g/kg

显著离岸传播示例

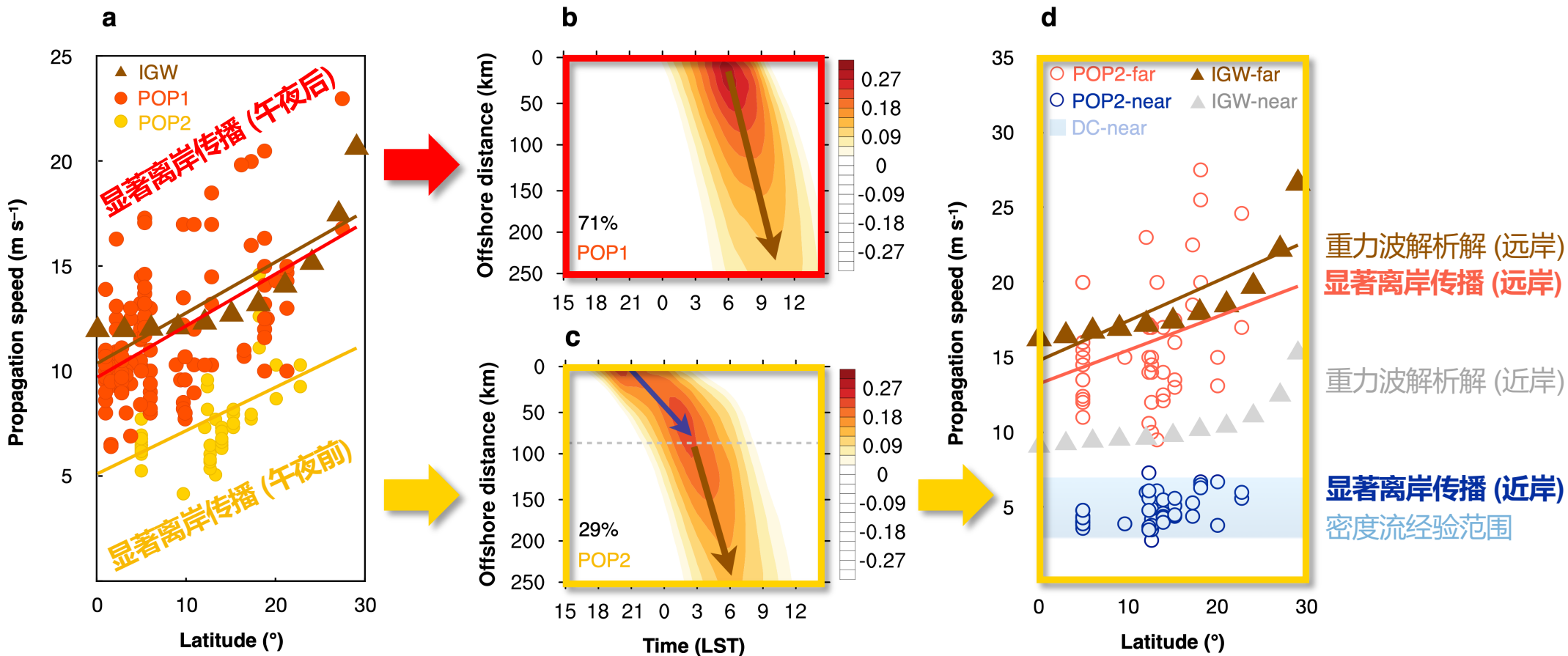
普通离岸传播示例



单峰值 连贯 强振幅

显著离岸传播的主导机制

惯性重力波主导降水离岸传播，密度流调制近海段降水离岸传播



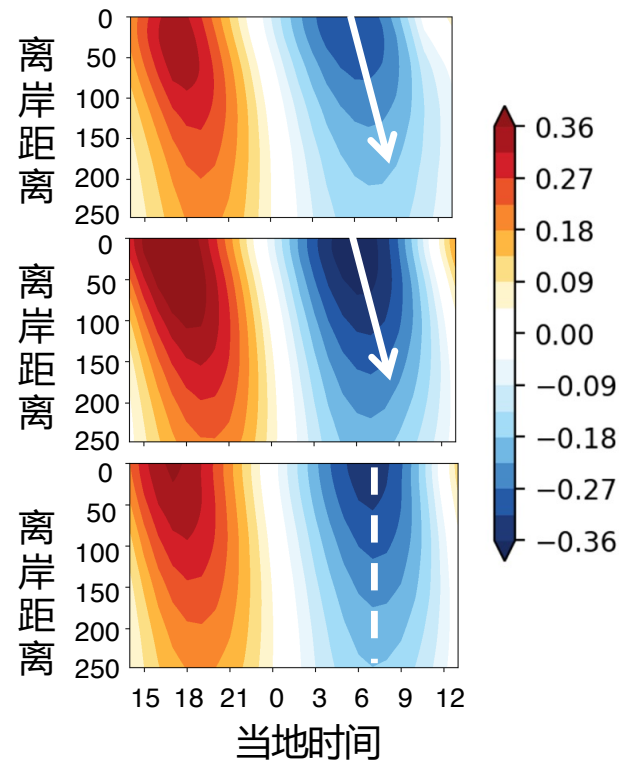
影响因子对降水离岸传播的综合影响

影响因子

降水日变化类型占比

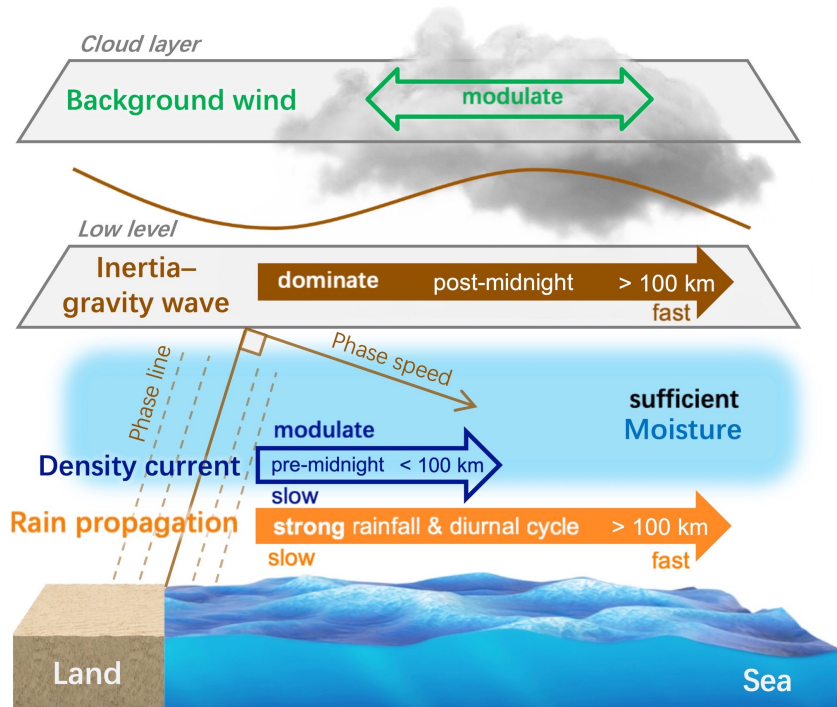
纬度	水汽	背景风	离岸传播	锁相	向岸传播	弱日变化	样本数	离岸传播机制
① < 30°	充足	离岸风	88%	8%	1%	3%	99	惯性重力波主导
		静风	90%	10%	0%	0%	72	
		向岸风	37%	60%	3%	0%	68	
②	不充足	离岸风	51%	21%	1%	27%	258	两者共同调制
		静风	23%	43%	7%	27%	149	
		向岸风	10%	38%	17%	35%	254	
③ > 30°	不充足	离岸风	51%	15%	0%	35%	150	平流效应主导
		静风	11%	11%	11%	68%	19	
		向岸风	3%	24%	24%	49%	155	

惯性重力波

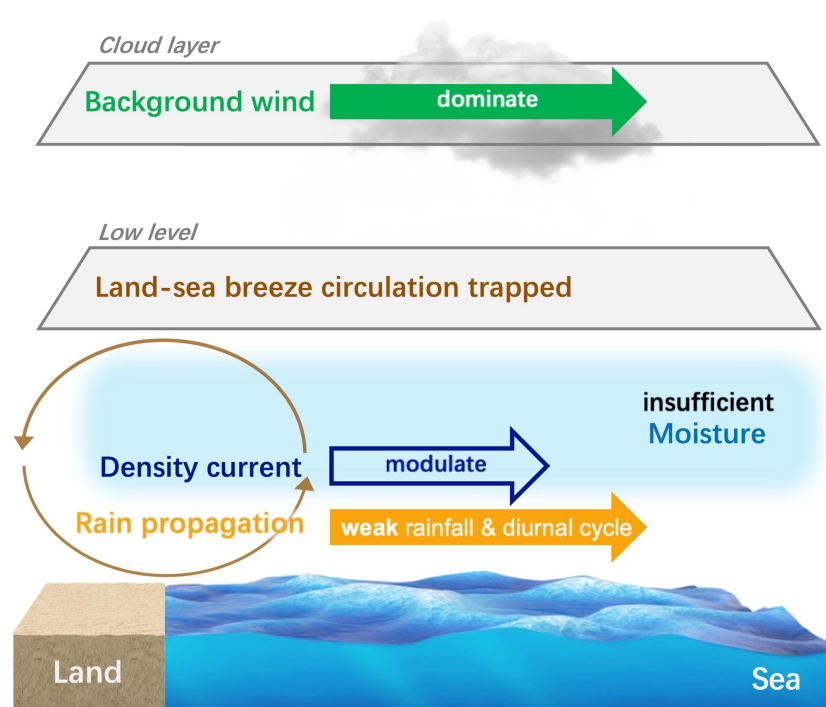


全球降水离岸传播的概念模型

热带 (水汽充足)



热带外



由海陆差异激发的惯性重力波主导
密度流只调制开始时间和传播速度

海陆风环流不伴随惯性重力波
由背景风的平流作用主导

该研究发表在 *Nature Communications*

nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-022-34842-0>

A global survey of diurnal offshore propagation of rainfall

Received: 8 April 2022

Junying Fang ^{1,2,3} & Yu Du ^{1,2,3}

Accepted: 9 November 2022

Published online: 02 December 2022

Check for updates

Diurnal rainfall offshore propagation (OP) shapes the timing and intensity of coastal rainfall and thus impacts both nature and society. Previous OP studies have rarely compared various coasts, and a consensus regarding physical mechanisms has not been reached on a global scale. Here, we provide the global climatology of observed OP, which propagates across ~78% of all coasts and accounts for ~59% of the coastal precipitation. Generally, OP is facilitated by low latitudes, high moisture conditions and offshore background winds. OP at low latitudes in a high-moisture environment is mainly caused by inertia-gravity waves due to the land-sea thermal contrast, whereas OP at higher latitudes is significantly influenced by background winds under trapped land-sea breeze circulation conditions. Slower near-shore OP might be modulated by density currents. Our results provide a guide for global OP hotspots and suggest relative contributions of mechanisms from a statistical perspective.

总结

□ 全球海岸降水日变化峰值离岸传播的特征

- 全球海岸**普遍存在**降水日变化的离岸传播(占78%)，伴随强烈的日变化。
- 离岸传播对全球近海降水量起主要贡献(占59%)，尤其是**强降水**。

□ 全球海岸降水日变化峰值离岸传播的主导机制

- **热带**的显著降水离岸传播由**重力波主导**，密度流只调制开始时间和传播速度。
- **热带外**的降水离岸传播由背景风的**平流作用主导**。

Reference:

1. **Fang, J.** and Du, Y.* , 2022: A global survey of diurnal offshore propagation of rainfall. Nature Communications.