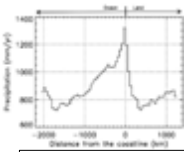


# 衛星搭載レーダでとらえたアラスカ湾岸での降水勾配と地形効果の寄与

\*青木俊輔・重尚一（京都大学大学院理学研究科）

## 1. はじめに

海岸域は海洋から湿った空気が流入することで比較的多量の降水がもたらされる。TRMM PRによる観測(図1)などから、熱帯の海岸域で起こる降水が全球の水循環において重要な役割を果たすことが示されてきた(Ogino et al. 2017, *Geophys. Res. Lett.*)。高緯度においても特に大陸西岸(アラスカ、パタゴニア、ノルウェー、ニュージーランドなど)では降水が集中している地域がある。GPM DPRの登場により新たに得られるようになった高緯度地域での衛星搭載降水レーダを用いて、これらの地域の降水の解析を行った。



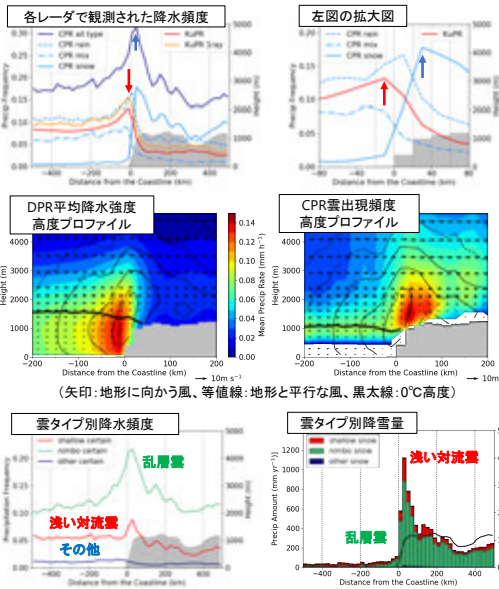
TRMM PR 3A25による降水量と海岸線からの距離の関係(Ogino et al. 2016, *J. Clim.*)

### 本研究の目的:

GPM DPRとCloudSat CPRの2つの衛星搭載レーダを用いて高緯度海岸域の降水分布を把握し、そうした分布をもたらす降水のメカニズムを解明すること。

## 3. 海岸線からの距離と降水

海岸の海側の領域ではDPR(KuPR)で最も頻りに降水が観測され、比較的多量の降水がもたらされている。一方、CPRで降雪が最も頻りに観測されている海岸山脈上ではDPR(KuPR)で観測される降水強度・強度が小さい。これは、沿岸部よりも小さい反射強度をもつ雪や弱い雨が検出される割合が増加するためだと考えられる。



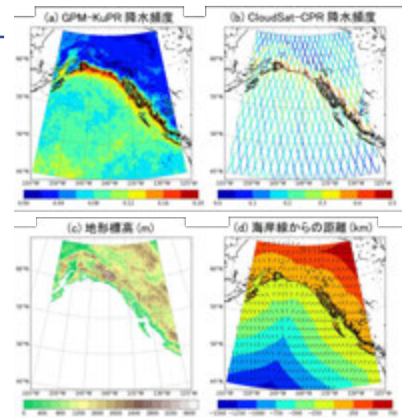
(矢印: 地形に向かう風、等値線: 地形と平行な風、黒太線: 0°C高度)

## 2. データ

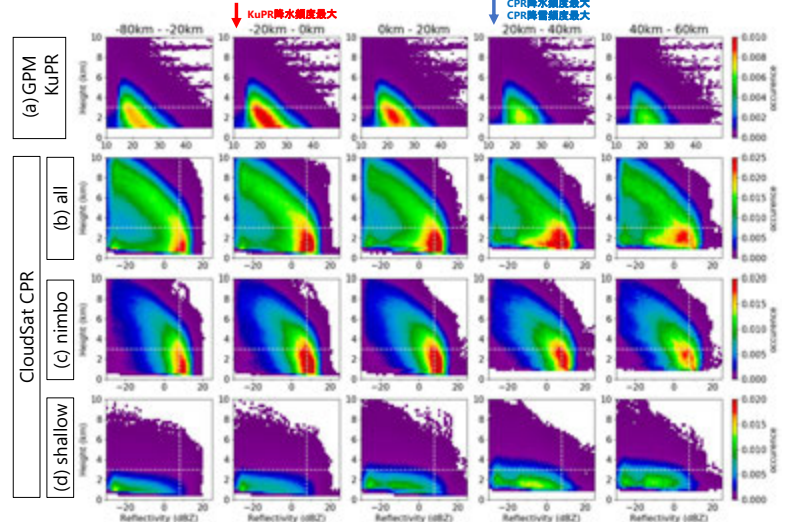
サンプル数の多いアラスカ湾岸を対象とした。GPM (Global Precipitation Measurement)主衛星搭載 DPR (Dual-frequency Precipitation Radar) KuPR(13.6GHz)およびCloudSat搭載CPR (Cloud Profiling Radar; 94GHz)のデータ(表1)を $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ のグリッドにリサンプリし、Ogino et al. (2016, *J. Clim.*)にならって海岸線からの距離の関数として各物理量の平均値を算出した。解析範囲は45-65N, 125-155Wである。

表1. 本研究で使用した衛星搭載レーダデータ

GPM DPR(2周波降水レーダ)	期間: 2014/04 - 2019/03
Precipitation flag & rate	KuPR V06A LEVEL2
Z factor measured	KuPR V06A LEVEL2
Precipitation rate (3-D)	DPR V06A LEVEL2
CloudSat CPR(雲レーダ)	期間: 2006/07 - 2015/12
Precipitation flag (降水タイプ)	2C-PRECIP-COLUMN
Snowfall flag & rate	2C-SNOW-PROFILE
Cloud scenario (雲タイプ)	2B-CLDCLASS
Radar reflectivity	2B-GEOPROF

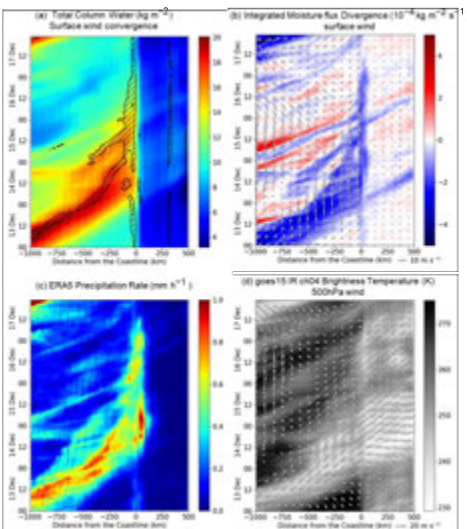


Kulie et al. (2016, *J. Hydrometeorol.*)にない、CPRで観測された降水イベントを浅い対流雲(shallow)、乱層雲(nimbo)、その他(other)の3つの雲タイプによる降水に分類した。海側から進行してきた乱層雲(nimbo)は海岸線付近で最も頻りに8dBZよりも強い反射強度をもつ降水が見られ、内陸に行くに従い反射強度の弱い降水が多くなる(図5c)。一方、浅い対流雲(shallow)は海岸山脈上で最も強まるが、このタイプの雲による反射強度は弱いため、KuPRではほとんど観測されていないと考えられる。



海岸線からの各距離での contoured frequency and altitude diagrams (CFADs; Yuter and Houze 1995, *Mon. Wea. Rev.*)。 (a)KuPR反射強度(Zm)、(b)すべての雲、(c)乱層雲(nimbo)・(d)浅い対流雲(shallow)によるCPR反射強度を示す。横軸反射強度(1dBZ間隔)、縦軸高度(KuPR:125m/CPR:240m間隔)の2Dヒストグラムで、シェードの値はそれぞれの領域での全観測回数に対する出現割合である。CPRで観測される8dBZの白点線がKuPRで観測可能な反射強度の下限の目安となる。3kmの白点線は参考。

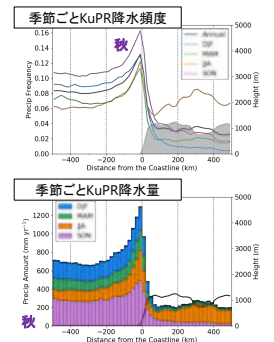
## 4. アラスカ湾岸の降水メカニズム



右図から、KuPR降水頻度は秋(SON)に最大となる。アラスカ湾は「低気圧の墓場」とも呼ばれていて低気圧の存在頻度が高く、これは特に秋に大きくなる(Mesquita et al. 2009, *J. Clim.*)。このことは、アラスカ湾の低気圧や前線に伴う降水システムや水蒸気の流れが沿岸地域に降水をもたらしていることを示唆している。

左図から、洋上から低気圧に伴う閉塞前線が接近し、海岸に到達する事例である。洋上から海岸へと接近する水蒸気や下層風の収束帯が山地によってブロックされ、海上や沿岸域にとどまり、降水が持続していることが確認できる。下層とは異なり、上層の風は地形によりブロックされることなく内陸へと進行し、上層の雲を内陸へ運んでいる。

したがって、沿岸で強化された比較的強い降水をもたらす雲(乱層雲)は、この風に乗って内陸の山岳域へ運搬され、海岸山脈上ではKuPRで観測されないような雪などの弱い降水を地上にもたらすと考えられる。



## 5. まとめ

衛星搭載降水レーダGPM DPR(KuPR)およびCloudSat CPRを用いて、アラスカ湾岸の降水の解析を行い、以下のことが明らかになった。

- 地形効果で下層の強い水蒸気収束が起こることで、KuPRで観測可能な比較的強い降水が海岸線の海側で頻りにみられ、この降雨は「乱層雲」によりもたらされている。
- 海岸山脈上での降雪は、その大部分を「乱層雲」からのものであり、「乱層雲」は海岸線の強い水蒸気収束でできた降水雲が内陸へ移流してきたものだと考えられる。「浅い対流雲」によってもたらされる降雪は弱い。これら山脈上の降雪はCPRでよく観測されるがKuPRではあまり観測されない。
- アラスカ湾岸からの低気圧に伴う前線システムや水蒸気移流が地形によりブロックされ、沿岸に停滞し、強化される。これがこの地域の海岸域の頻りに降水につながっている。

2014/12/13-17の事例の海岸線からの距離での各量のホフマー図(再解析データ ECMWF ERA5より)