

Własności widma kropeł chmurowych na podstawie pomiarów in-situ w płytkich chmurach konwekcyjnych podczas kampanii RICO

Sylwester Arabas

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

wyniki prac prowadzonych pod kierunkiem

dr hab. Hanny Pawłowskiej, prof. UW

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

we współpracy z

dr. hab. Wojciechem W. Grabowskim

National Center for Atmospheric Research, Boulder, Kolorado, USA



7. listopada 2008 r.

Seminarium Środowiskowe Fizyki Atmosfery

Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Motywacja



Potrzeba parametryzacji związków pomiędzy **mikrofizyką** i własnościami **radiacyjnymi** chmur

$$r_{\text{eff}} \sim \sqrt[3]{\frac{\text{LWC}}{N}} \cdot f(d)$$

$$\text{LWC} \sim N \cdot \langle r^3 \rangle$$

$$r_{\text{eff}} = \frac{\langle r^3 \rangle}{\langle r^2 \rangle} = f(d, a) \cdot \sqrt[3]{\langle r^3 \rangle}$$

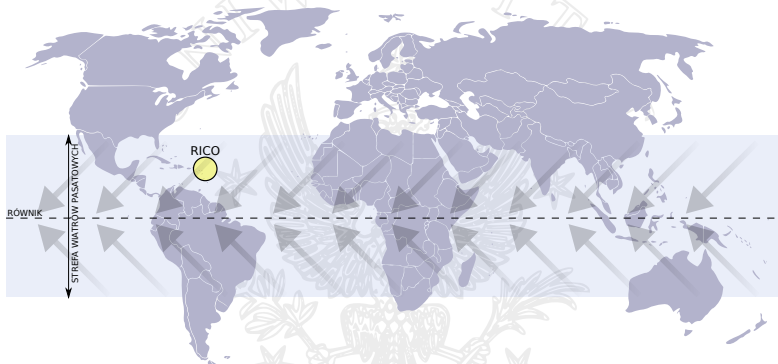
r – promień kropli

a – skośność rozkładu r

↪ wyznaczenie typowych własności widma rozmiarów kropelek chmurowych na podstawie danych z pomiarów RICO:

- promień efektywny r_{eff}
- koncentracja kropelek N
- średni promień \bar{r}
- odchylenie standardowe σ_r
- dyspersja względna $d = \sigma_r / \bar{r}$

Kampania pomiarowa Rain in Cumulus over the Ocean (RICO)

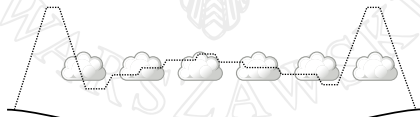


- 2 miesiące obserwacji (XII 2004 – I 2005)
- 3 **samoloty** i 1 statek badawczy
- 410 sondaży aerologicznych

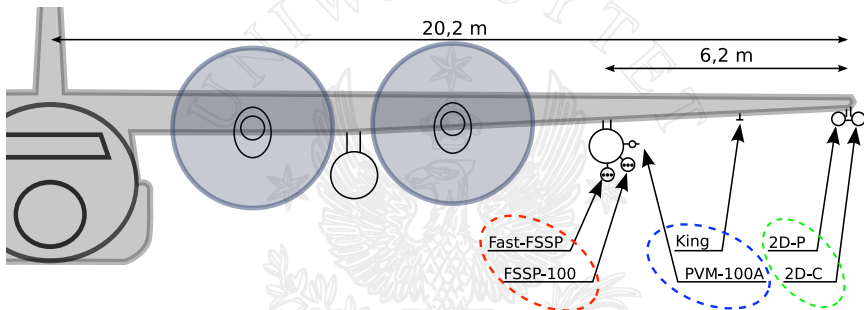
duży wpływ sposobu reprezentacji procesów z udziałem **Cu strefy pasatowej** na wyniki obliczeń **globalnych modeli** przepływów atm.

Scenariusz lotów C-130 podczas RICO

- dwa odcinki sondażowe na początku i końcu każdego lotu
- reszta lotu podzielona na szereg odcinków wykonywanych na stałej wysokości
- dobór pułapów poszczególnych odcinków dyktowany głębokością pola chmurowego

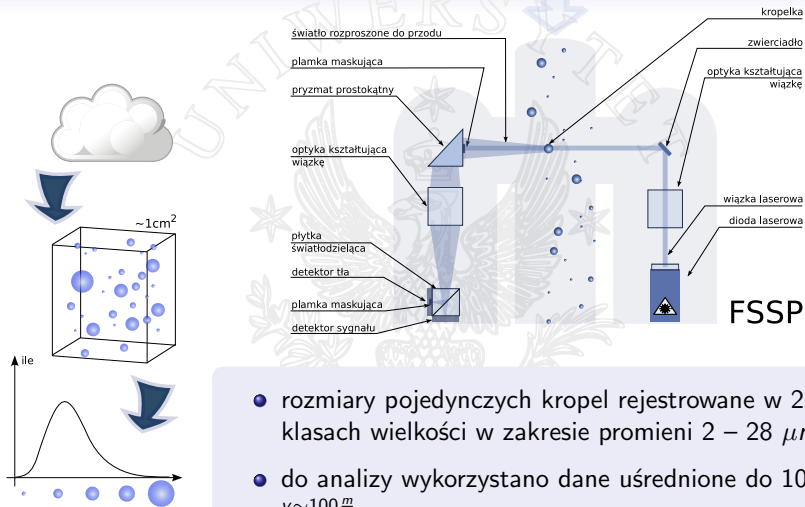


Pomiary mikrofizyki chmur z pokładu samolotu NSF/NCAR C-130Q podczas RICO



- 19 ok. 8-godzinnych lotów badawczych
- 5–10% czasu lotu wewnątrz chmur
- loty nad powierzchnią oceanu
- **spektrometria rozmiarów kropek chmurowych**
- **pomiary całkowitej zawartości wody**
- **spektrometria rozmiarów kropek opadowych**

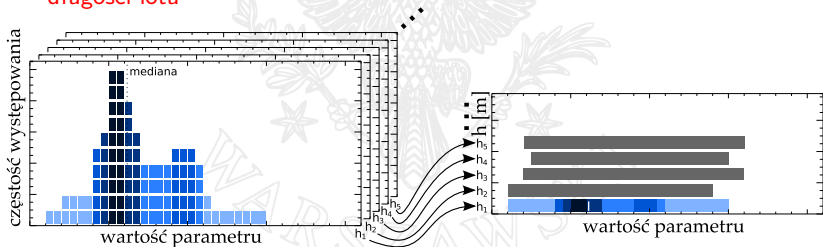
Fast-FSSP: spektrometr rozmiarów kropeł



- rozmiary pojedynczych kropeł rejestrowane w 255 klasach wielkości w zakresie promieni 2 – 28 μm
- do analizy wykorzystano dane uśrednione do 10 Hz
 $v \sim 100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
 \longrightarrow rozd. przestrzenna ok. 10 m

Metoda analizy i wizualizacji wyników

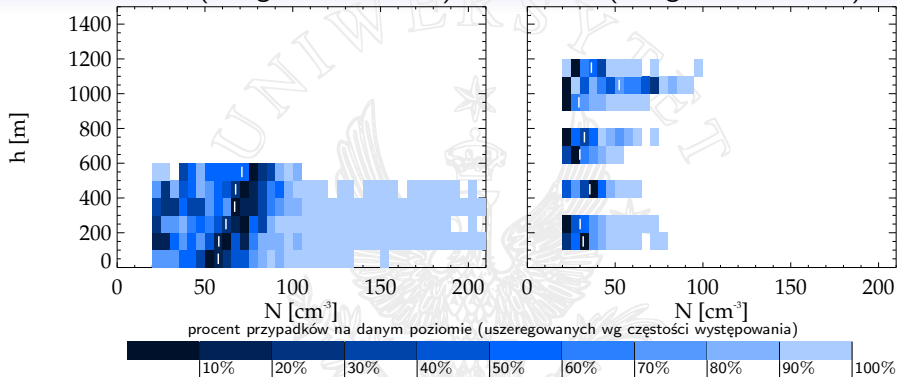
- analizowano obszary:
 - **chmurowe**
($N > 20 \text{ cm}^{-3}$)
 - **bez mżawki**
($N_{\text{mżawka}} < 10 \text{ l}^{-3}$)
- statystyki wyznaczano:
 - **w funkcji wysokości** nad podstawą chmury
 - zbiorczo dla **całej** **długości lotu**
- **rozkład częstości** dla każdego z poziomów (100 m)
- podział zakresu wartości na klasy przedziałów (oznaczone **kolorami**), tak aby na każdą klasę przypadała równa ilość przypadków uszeregowanych **wg częstości występowania**
- rozkłady częstości z różnych poziomów połączono w diagram wartości parametru w funkcji wysokości
- na diagram naniesiono wartości **mediany**



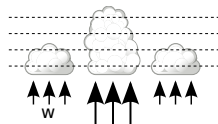
Koncentracja kropeł N

rf06 (16. grudnia 2004 r.)

rf07 (17. grudnia 2004 r.)



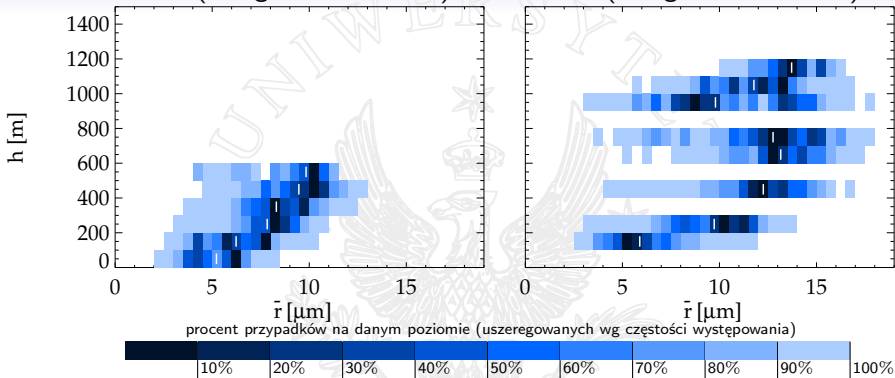
- koncentracje **niższe niż 100 cm^{-3}** (powietrze morskie, wyjątek w rf06)
- **mała zmienność** z h (ale $N|_{h=0} \nearrow w|_{h=0}$)
- duże wahania głębokości pola chmurowego (600–1200 m)
rf06 – brak opadów, rf07 – wiele chmur dawało opad



Średni promień kropeł \bar{r}

rf06 (16. grudnia 2004 r.)

rf07 (17. grudnia 2004 r.)

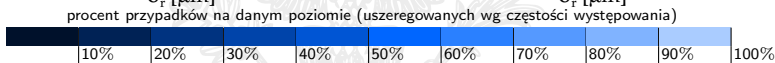
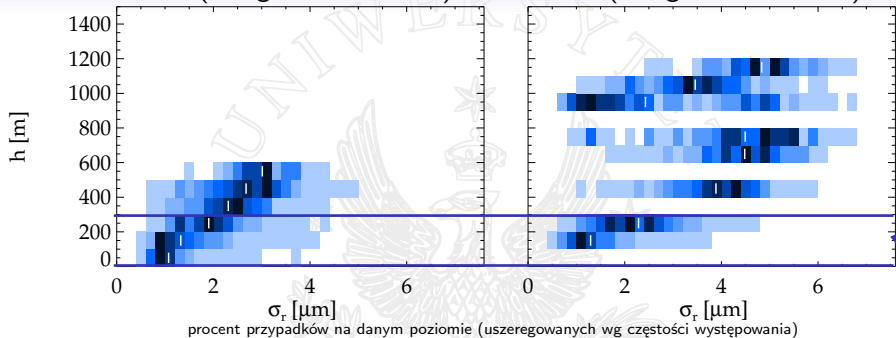


- stopniowy **wzrost z wysokością** (kondensacja), mniej wyraźny w górnych partiach pola chmurowego z rf07 (koalescencja, $r_v \sim \sqrt[3]{h}$)
- **szerekie rozkłady** (wciąganie, mieszanie, zmienność N)
- widoczna druga warstwa chmur na wysokości 900 m dla rf07

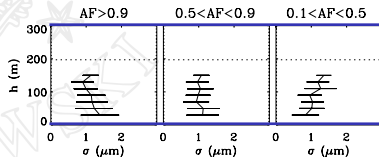
Odchylenie standardowe promienia kropel σ_r

rf06 (16. grudnia 2004 r.)

rf07 (17. grudnia 2004 r.)



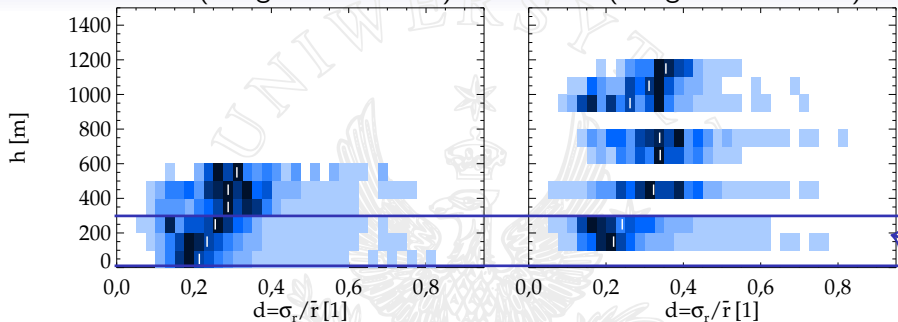
- **wzrost z h** podobnie jak dla \bar{r}
- $h < 200$ m jak dla pola Sc z ACE-2 (Pawlowska i in., 2006), wyżej dużo większe (wciąganie i mieszanie)



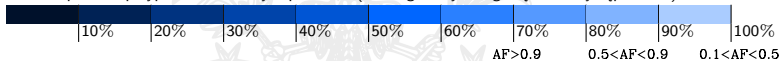
Dyspersja względna promienia kropeł $d = \sigma_r / \bar{r}$

rf06 (16. grudnia 2004 r.)

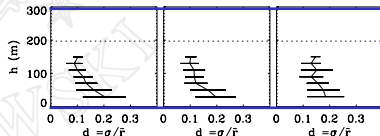
rf07 (17. grudnia 2004 r.)



procent przypadków na danym poziomie (uszeregowanych wg częstości występowania)



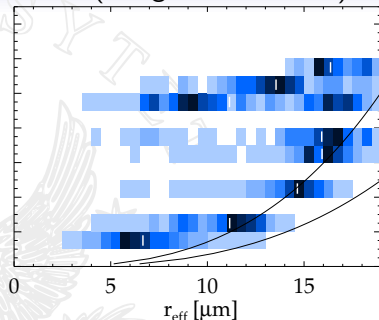
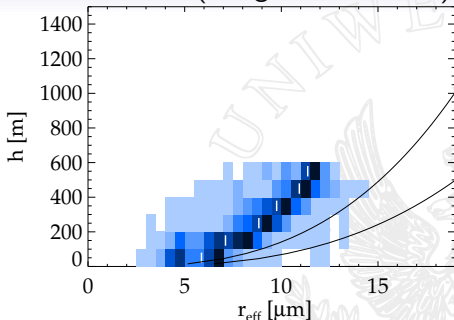
- mała zmienność z h , wygodne przy parametryzacji $r_{eff} \sim \sqrt[3]{LWC/N} \cdot f(d)$
- $h < 200$ m podobnie jak w ACE-2



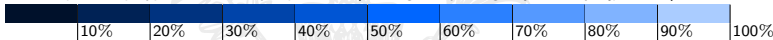
Promień efektywny r_{eff}

rf06 (16. grudnia 2004 r.)

rf07 (17. grudnia 2004 r.)

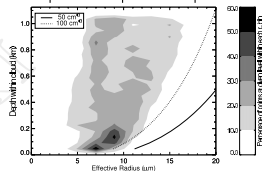


procent przypadków na danym poziomie (uszeregowanych wg częstości występowania)



- linie reprezentują wartości adiabatyczne przy stałej $f(d)$ i stałej N równej 50 i 100 cm^{-3}

$$r_{eff_{ad}} \sim \sqrt[3]{LWC_{ad}/N \cdot f(d)}$$
- porównanie z wynikami pomiarów teledetekcyjnych z McFarlane i Grabowski (2007)



Podsumowanie

- określono typowe własności wybranych parametrów mikrofizycznych płytkich chmur konwekcyjnych strefy pasatowej powstających w masach powietrza morskiego
- statystyki wykonano na podstawie **dużego zbioru** (ok. godzina lotu wewnątrz chmur Cu) danych z pomiarów in-situ o **wysokiej rozdzielczości** widmowej (Fast-FSSP)
- dobór analizowanych parametrów nakierowany na wykorzystanie przedstawionych wyników przy weryfikacji i rozwoju **parametryzacji** związków pomiędzy mikrofizyką i **radiacyjnymi właściwościami** chmur
- wyniki analizy odniesiono do analogicznych pomiarów w chmurach Sc oraz do pomiarów teledetekcyjnych chmur Cu strefy pasatowej

Dziękuję za uwagę

Zapraszam do lektury artykułu zgłoszonego do Geophysical Research Letters

- McFarlane, S. A., i W. W. Grabowski, 2007: Optical properties of shallow tropical cumuli derived from ARM ground-based remote sensing. *Geophys. Res. Lett.*, **34**. L06808.
- Pawlowska, H., W. W. Grabowski, i J.-L. Brenguier, 2006: Observations of the width of cloud droplet spectra in stratocumulus. *Geophys. Res. Lett.*, **33**. L19810.