

機械学習による

NOAA/AVHRR衛星画像データを用いた

降雪をもたらす雲の特徴検出

鈴木 香寿恵* (法政大理工)

徳永 旭将(九工大)・福地岬稀

矢吹 裕伯・平沢 尚彦・山内 恭(極地研)

下村 真生・中村 和幸(明治大数理)

東南極で観測された降雪イベント

Geophysical Research Letters

RESEARCH LETTER

10.1002/2014GL060881

Key Points:

- Atmospheric rivers explain East Antarctic anomalous SMB in

The role of atmospheric rivers in anomalous snow accumulation in East Antarctica

Irina V. Gorodetskaya¹, Maria Tsukernik², Kim Claes¹, Martin F. Ralph³, William D. Neff^{4,5}, and Nicole P. M. Van Lipzig¹

南極昭和基地の気象

佐藤 薫*

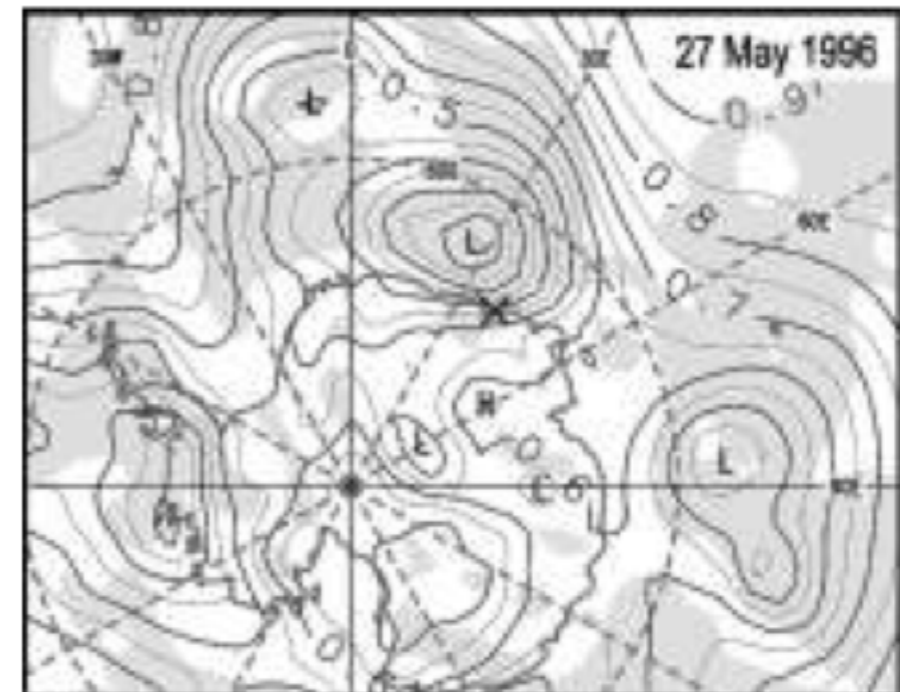
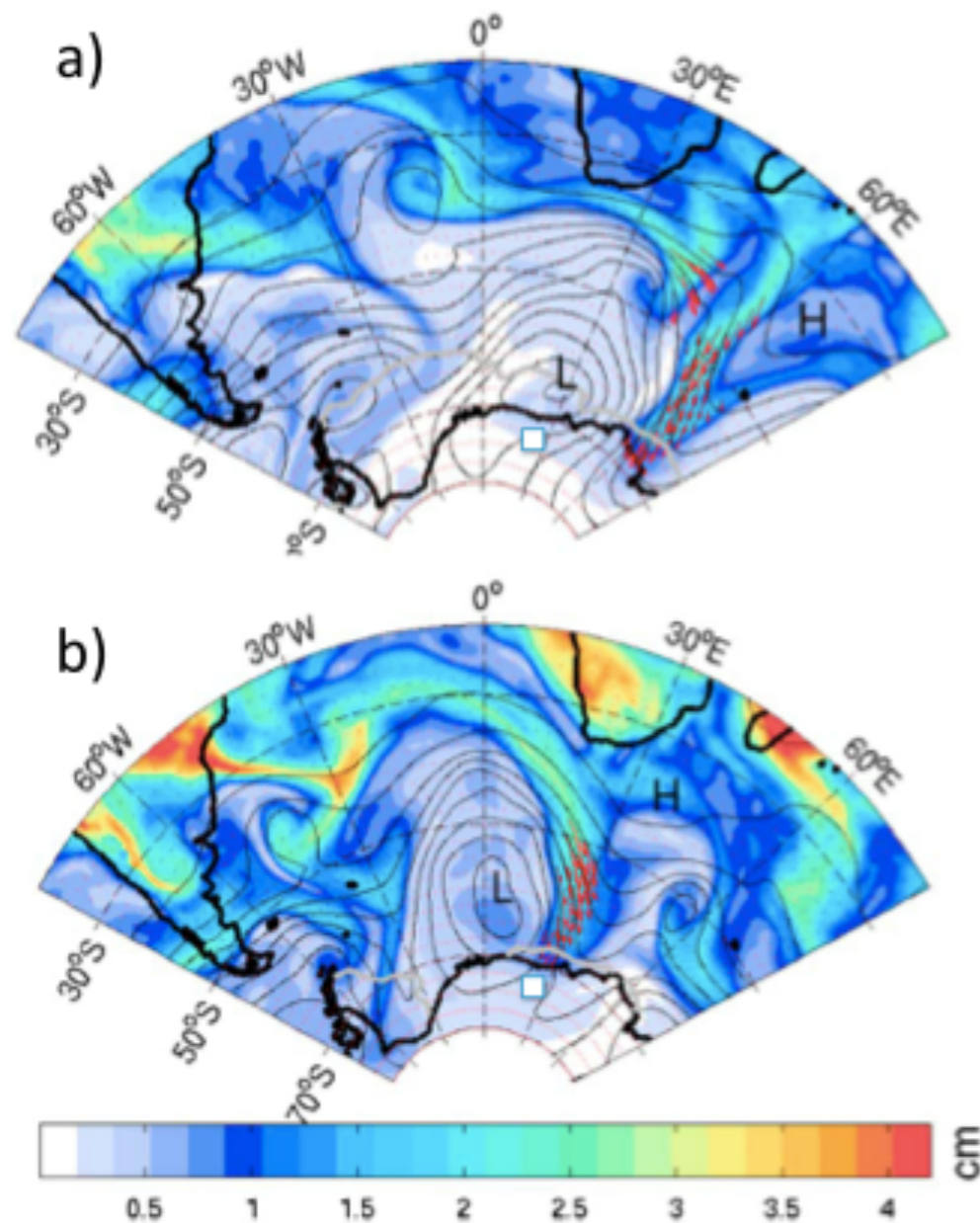
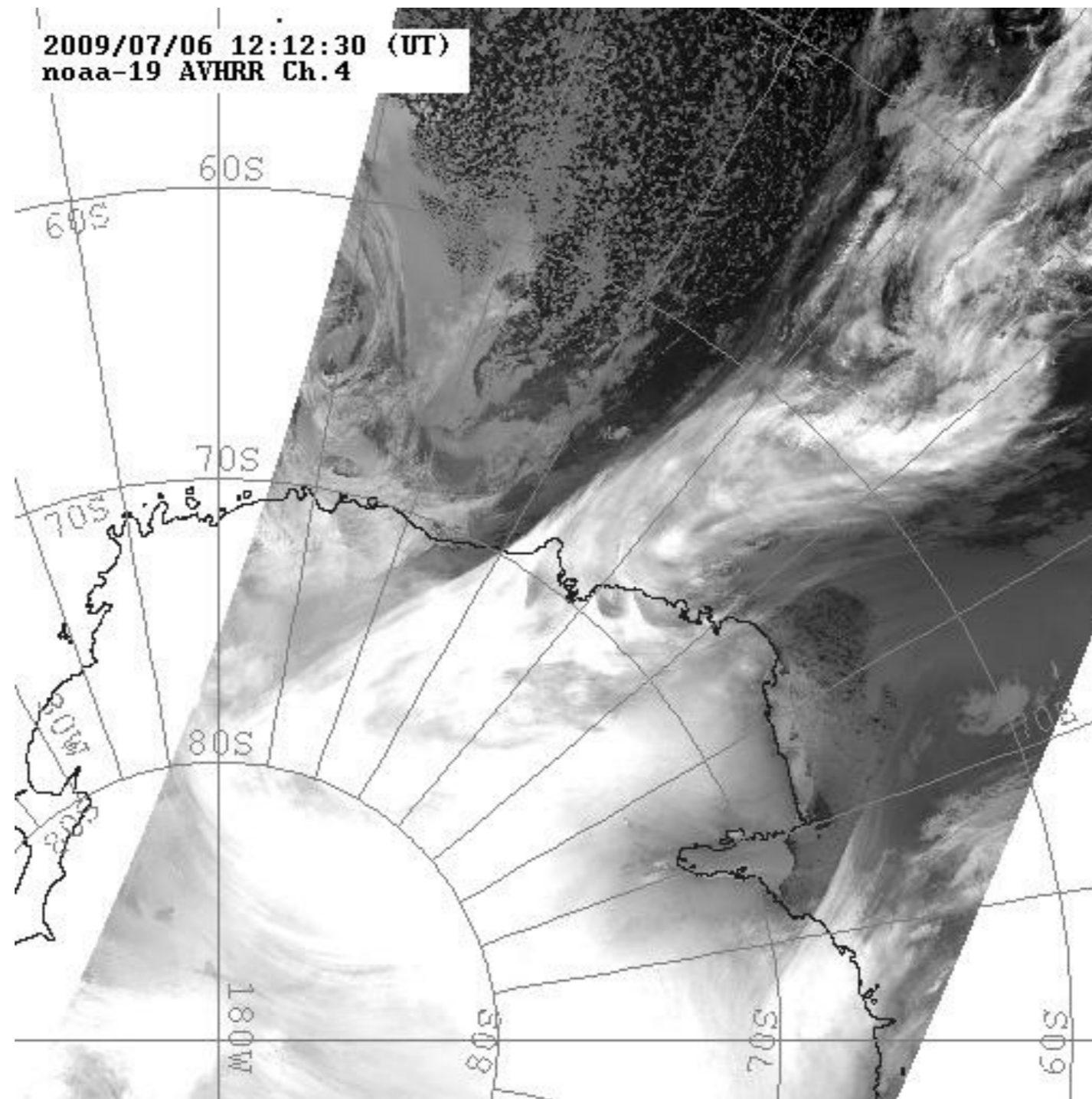


Fig. 11 : A contour map of geopotential height (in km) at 925 hPa when the fastest gust wind of 61.2 ms^{-1} was recorded at Syowa Station (X). A strong cyclone is situated around 65°S to the northwest of Syowa Station. Shaded are the regions with relative humidity larger than 80% (Sato and Hirasawa, 2004).

昭和基地周辺でみられる降雪時の雲



昭和基地で受信されたNOAA/AVHRR Ch.4 画像
(e.g., Hirasawa and Yamanouchi, 2000)

2003年ドームふじで観測された昇温イベント

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 33, L18503, doi:10.1029/2006GL026936, 2006



Stable isotopes in daily precipitation at Dome Fuji, East Antarctica

Koji Fujita¹ and Osamu Abe¹

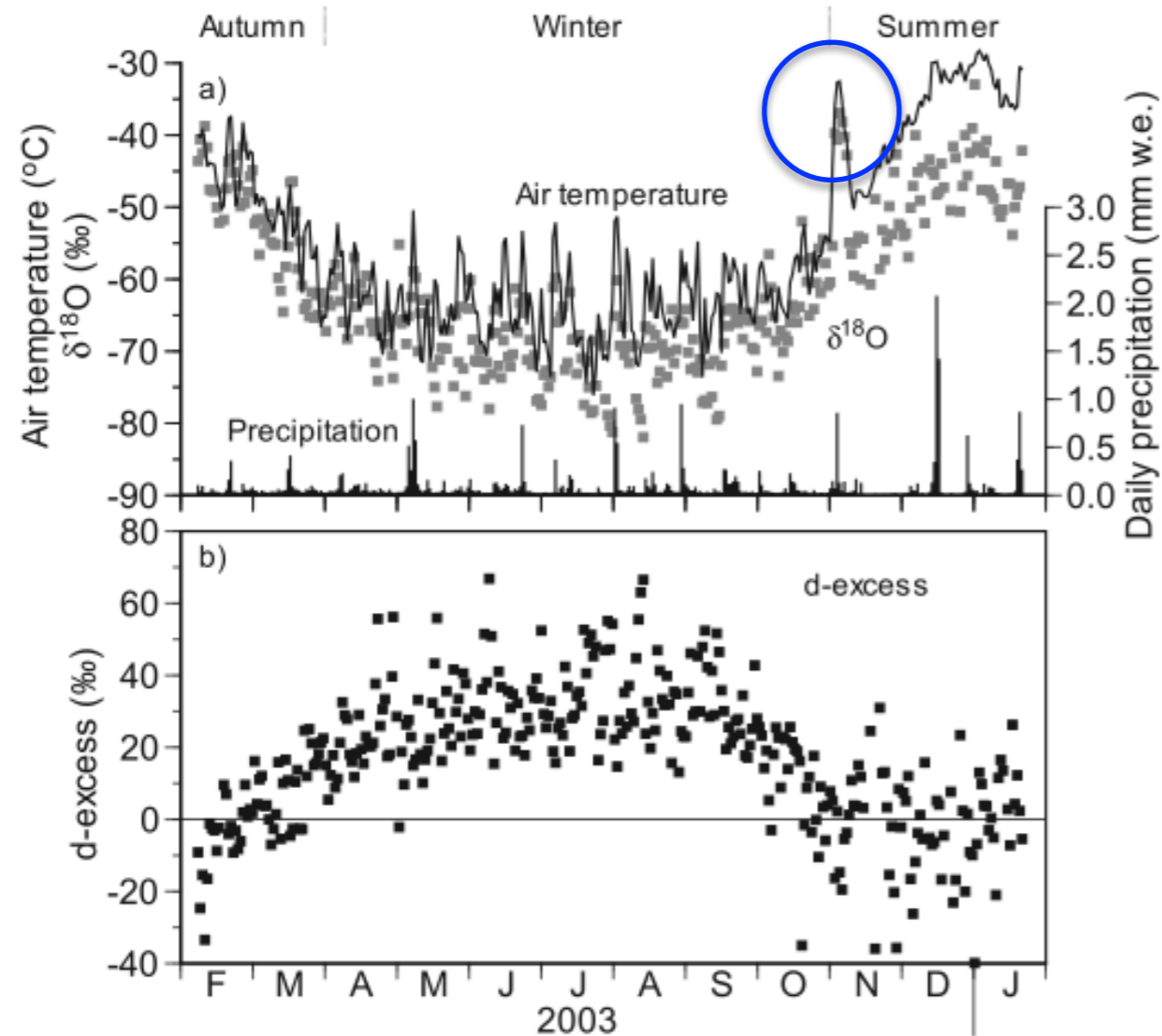
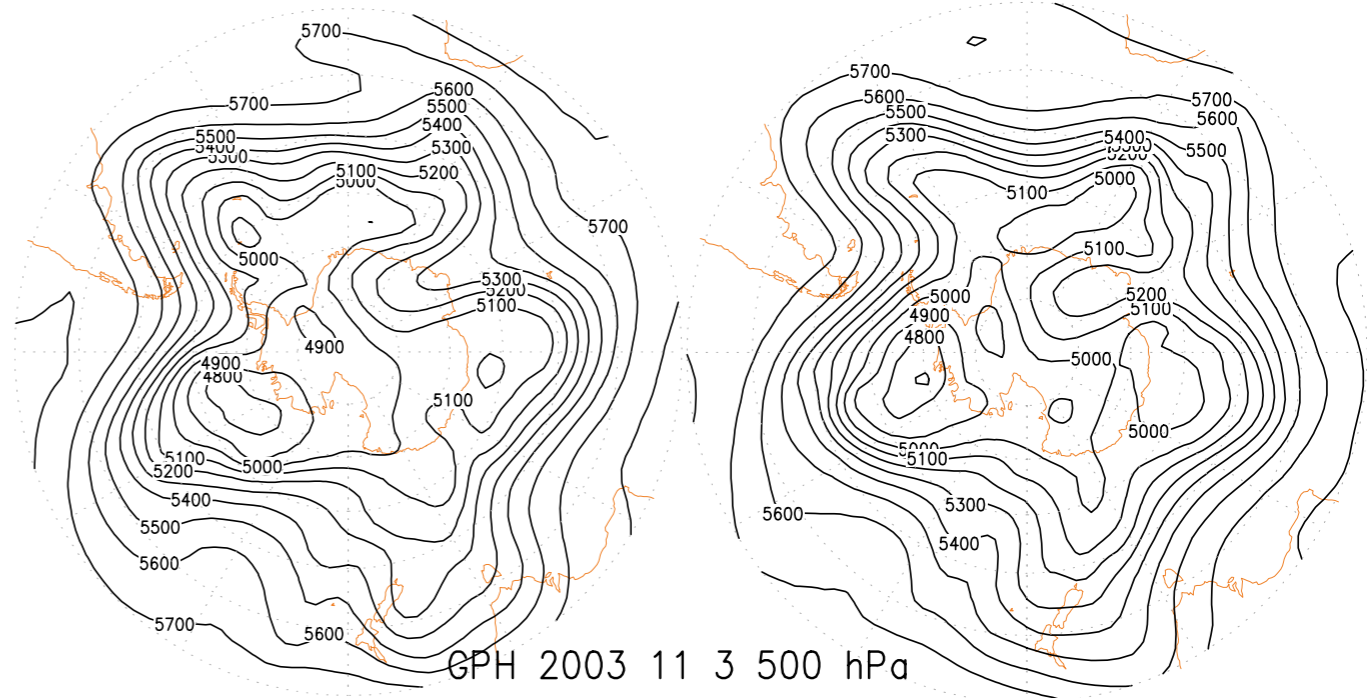


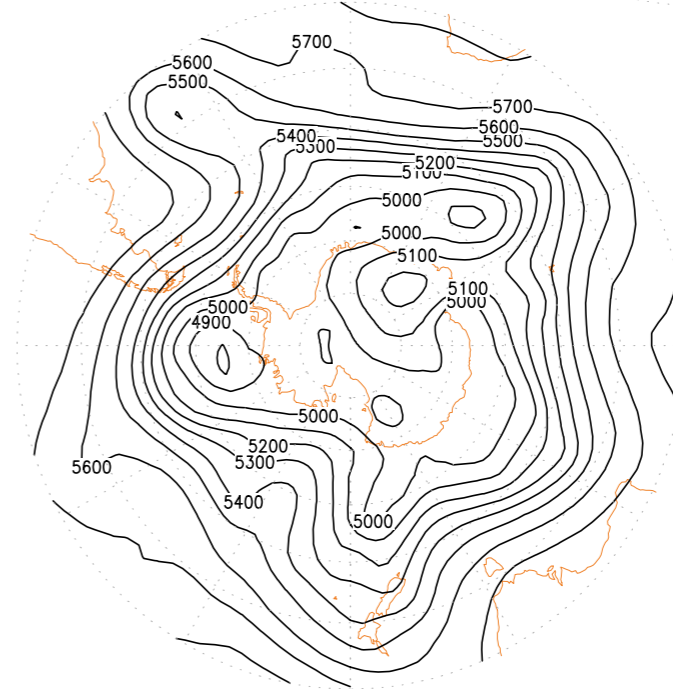
Figure 2. Seasonal changes in (a) daily mean air temperature (thin line), $\delta^{18}\text{O}$ (gray dots) and daily precipitation (black bars) and (b) deuterium excess (black dots) at Dome Fuji from February 2003 to January 2004.

GPH 2003 11 1 500 hPa

GPH 2003 11 2 500 hPa



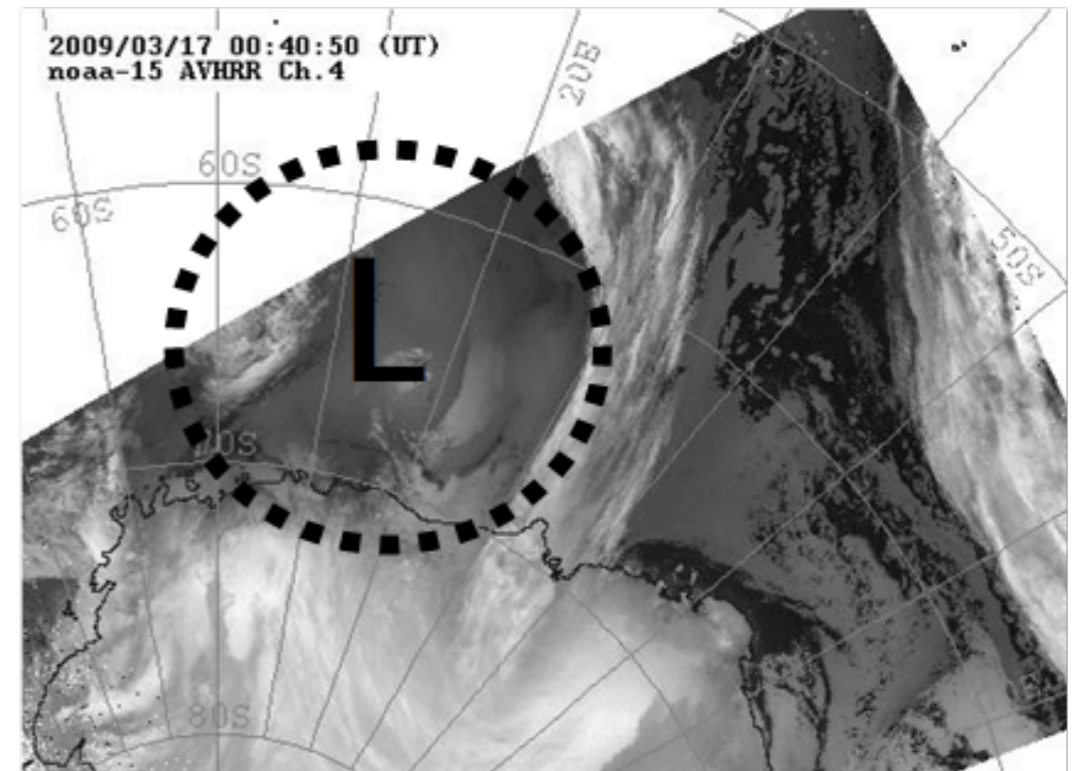
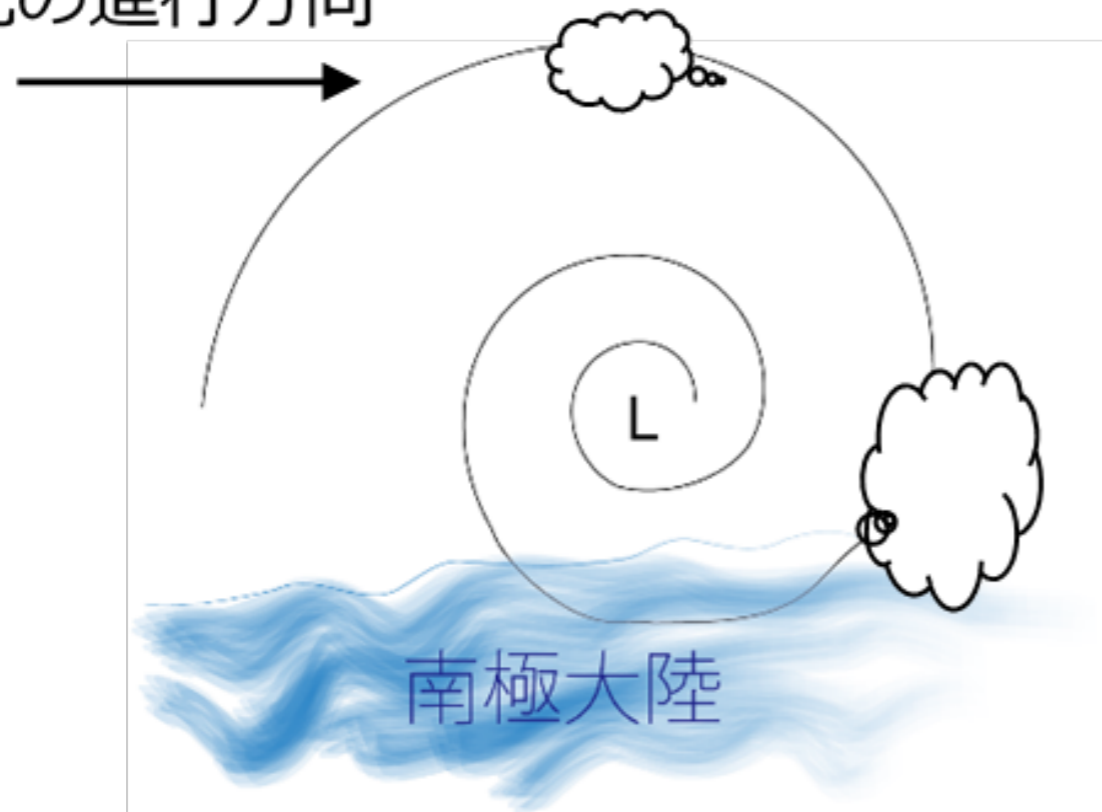
GPH 2003 11 3 500 hPa



この時昭和基地ではA級ブリザードが観測されている

擾乱に伴う降雪をもたらす雲

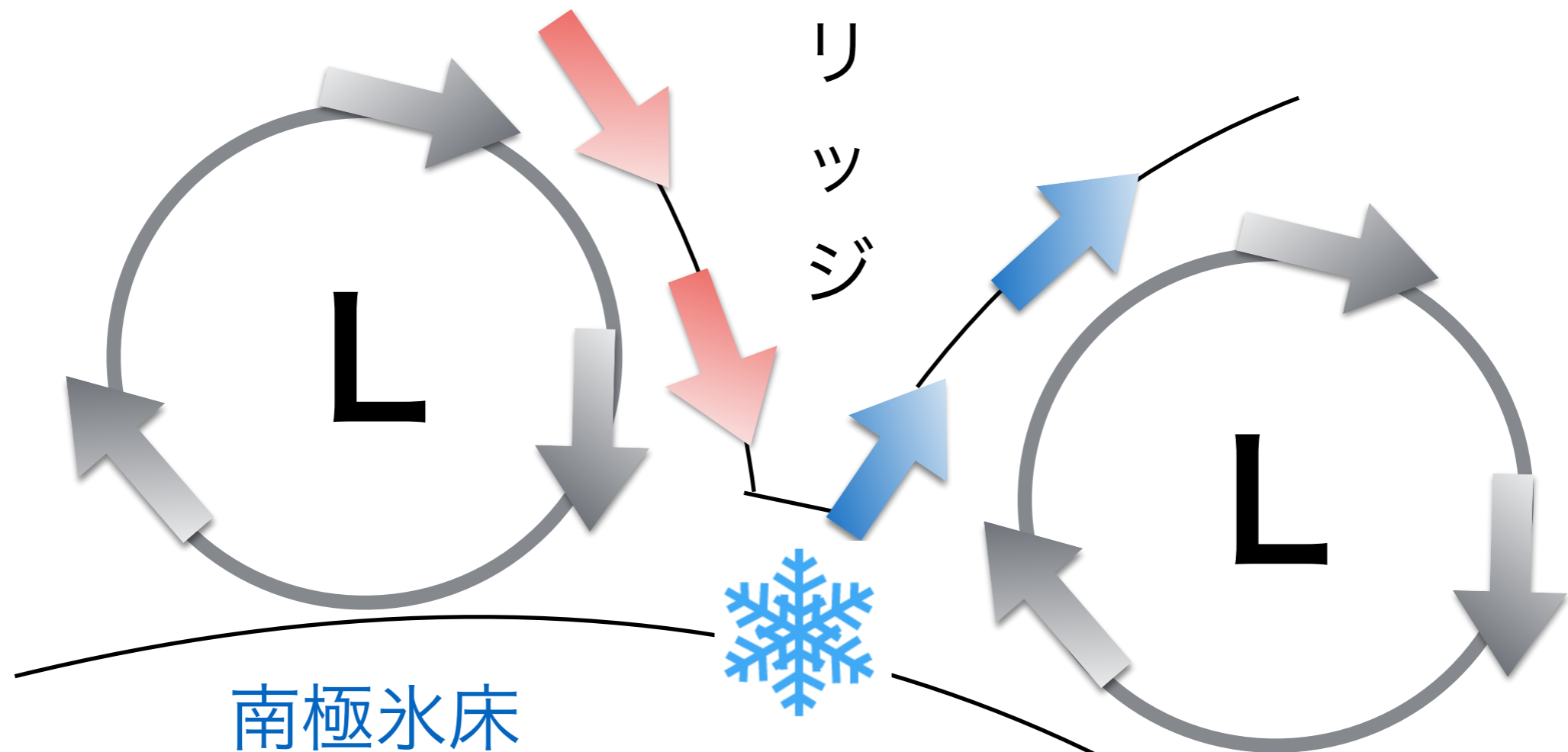
擾乱の進行方向



総観規模擾乱の前面に背の高い、長く連なる雲が形成され
南極外からの湿った大気が流入・降雪をもたらす

水蒸気が南極氷床へ供給される擾乱パターン

南極外からの湿った空気



リッジが南極内陸部まで侵入すれば、
内陸部まで涵養される

目的と方針

1. 降雪量を直接観測することの難しい南極氷床における降雪量を氷床全域で推定し、その涵養量の年々変動を導くことで、**気候変動下における南極氷床の容積の変動を捉えることを目的とする。**
2. 上記目的を達成するため、長期現地観測データを保有する**昭和基地周辺へ涵養をもたらす降雪イベントを抽出する。**気圧や湿度といった客観解析から得られる**気象要素の空間パターンから降雪量の推定を行う。**
3. 衛星観測による**雲画像から降雪量の多い雲パターンを抽出し、機械学習を用いて自動検出する。**年間涵養量からイベントごとの重み付けを行い、**雲パターン毎の降雪量の推定を行う。**

客観解析データを用いた

降雪時における大気循環場の解析を行ったが、
イベント毎の大きな違いは見いだせなかった。

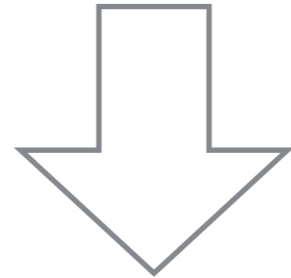
雲は何か違いがあるのか？

雲検出を試みる

既知の問題：

南極氷床はアルベドが高い

海氷もあるため、雲識別が難しい



降雪をもたらすような背の高い雲ならば、
AVHRR ch.4のみで識別可能か。
二値化による識別を行った。

2009年昭和基地におけるブリザード統計

表Ⅲ. 3. 1. 2. 10-1 ブリザード統計

通番	開始日時	終了日時	継続時間	階級	最大風速			最大瞬間風速			最低海面気圧		中断時間
					風速	風向	起時	風速	風向	起時	気圧	起時	
1	2009年 2月20日 18時15分	2009年 2月21日 05時10分	10時間55分	A	39.5m/s	ENE	20日20時50分	47.9m/s	ENE	20日20時46分	949.3hPa	20日18時48分	
2	2009年 3月 2日 22時05分	2009年 3月 3日 05時00分	6時間55分	C	25.0m/s	NE	3日01時40分	31.1m/s	NE	3日00時52分	979.9hPa	3日00時32分	
3	2009年 3月 8日 06時10分	2009年 3月 9日 11時50分	29時間40分	A	36.7m/s	ENE	8日18時20分	43.3m/s	ENE	8日18時16分	953.7hPa	8日18時17分	
4	2009年 3月13日 21時50分	2009年 3月14日 18時15分	20時間25分	A	33.1m/s	E	14日07時40分	41.3m/s	E	14日07時36分	952.1hPa	14日09時22分	
5	2009年 3月17日 21時45分	2009年 3月18日 23時30分	24時間20分	A	28.3m/s	ENE	18日01時30分	33.6m/s	ENE	18日01時39分	982.1hPa	18日06時18分	18日16時05分-18日17時30分
6	2009年 4月11日 15時25分	2009年 4月14日 06時40分	62時間55分	A	33.3m/s	ENE	13日09時30分	40.4m/s	ENE	13日08時24分	976.7hPa	13日16時59分	12日10時55分-12日11時15分
7	2009年 4月24日 21時10分	2009年 4月27日 04時20分	55時間10分	B	26.8m/s	ENE	26日11時00分	31.3m/s	ENE	26日09時49分	975.6hPa	26日10時10分	
8	2009年 5月12日 06時40分	2009年 5月13日 08時15分	25時間35分	B	28.4m/s	ENE	12日12時20分	33.3m/s	ENE	12日12時25分	978.8hPa	12日23時10分	
9	2009年 5月18日 03時50分	2009年 5月20日 03時05分	47時間15分	A	38.9m/s	NE	18日16時00分	47.3m/s	NE	18日15時33分	958.5hPa	18日15時22分	
10	2009年 6月 5日 23時30分	2009年 6月 7日 04時50分	29時間20分	B	22.3m/s	NE	6日05時20分	27.6m/s	NE	6日05時16分	979.5hPa	6日02時02分	
11	2009年 6月 9日 11時30分	2009年 6月 9日 18時50分	7時間20分	C	18.7m/s	NE	9日13時30分	22.3m/s	NE	9日14時14分	973.4hPa	9日12時18分	
12	2009年 6月15日 19時30分	2009年 6月16日 21時50分	26時間20分	A	36.0m/s	NE	16日08時10分	44.6m/s	ENE	16日02時19分	973.6hPa	16日02時20分	
13	2009年 6月18日 04時20分	2009年 6月19日 12時30分	31時間 0分	B	39.2m/s	NE	18日11時00分	47.5m/s	NE	18日10時30分	961.1hPa	18日10時57分	18日14時50分-18日16時00分
14	2009年 6月25日 01時50分	2009年 6月25日 13時45分	11時間55分	C	29.9m/s	NE	25日10時50分	34.6m/s	NE	25日10時49分	1000.2hPa	25日04時51分	
15	2009年 6月26日 02時24分	2009年 6月26日 20時40分	18時間16分	B	29.6m/s	NE	26日12時10分	38.6m/s	NE	26日12時07分	994.1hPa	26日03時51分	
16	2009年 7月 2日 21時50分	2009年 7月 5日 12時20分	62時間30分	A	37.7m/s	ENE	3日20時10分	48.0m/s	ENE	3日20時00分	964.1hPa	3日20時06分	
17	2009年 7月 5日 13時20分	2009年 7月 7日 17時40分	52時間20分	A	32.7m/s	NE	6日23時10分	39.6m/s	NE	6日23時09分	992.4hPa	7日00時10分	
18	2009年 7月17日 03時10分	2009年 7月18日 10時10分	31時間 0分	A	36.1m/s	ENE	17日18時50分	44.2m/s	ENE	17日15時01分	951.5hPa	17日18時55分	
19	2009年 7月19日 20時35分	2009年 7月20日 04時21分	7時間46分	C	25.5m/s	ENE	19日23時20分	30.3m/s	ENE	19日23時32分	966.6hPa	20日00時48分	
20	2009年 8月16日 12時50分	2009年 8月18日 21時28分	49時間28分	A	36.1m/s	NE	17日00時10分	46.5m/s	NE	16日23時04分	969.5hPa	18日17時50分	18日02時45分-18日09時55分
21	2009年 8月22日 15時50分	2009年 8月22日 23時10分	7時間20分	C	18.8m/s	NE	22日21時40分	23.0m/s	NE	22日21時32分	980.0hPa	22日15時50分	
22	2009年 8月26日 06時30分	2009年 8月26日 18時40分	12時間10分	C	29.8m/s	NE	26日11時40分	35.2m/s	NE	26日11時26分	966.9hPa	26日07時52分	
23	2009年 9月 8日 19時00分	2009年 9月12日 12時50分	64時間 3分	A	33.8m/s	ENE	11日16時40分	40.6m/s	ENE	11日16時30分	954.7hPa	11日16時24分	10日01時48分-10日11時15分 10日18時50分-11日11時10分
24	2009年 9月26日 17時10分	2009年 9月28日 14時55分	45時間45分	A	32.4m/s	ENE	27日09時40分	39.3m/s	ENE	27日10時26分	950.8hPa	27日07時22分	
25	2009年10月 7日 16時35分	2009年10月 8日 03時10分	10時間35分	C	18.8m/s	NE	8日01時40分	23.0m/s	NE	8日00時40分	981.0hPa	8日02時38分	
26	2009年10月24日 15時40分	2009年10月25日 05時50分	14時間10分	B	27.0m/s	NE	25日00時10分	32.8m/s	NE	25日02時52分	973.5hPa	25日05時37分	
27	2009年11月21日 12時05分	2009年11月21日 23時35分	11時間30分	C	26.4m/s	NE	21日15時40分	30.2m/s	NE	21日15時50分	967.5hPa	21日14時18分	
28	2009年11月29日 04時40分	2009年11月29日 14時10分	9時間30分	C	23.4m/s	ENE	29日08時00分	28.7m/s	ENE	29日10時20分	974.1hPa	29日10時20分	

注) 極値についてはブリザードの期間内で求めた。

AR: ★ This study: 7 events ★ Gorodetskaya et al (2014) 3 events (/4 events)
from JARE50 reports

Methods

1. Marge of several images for analysis

The image of NOAA/AVHRR does not have a whole area, it depends on the satellite orbit. We need to analyze the whole construction of the cloud.

2. Analysis for blizzard events

The clouds with snowfalling are analyzed about the structure and their amount. We compare with heavy snow clouds to light snow clouds .

3. Learning of cloud patterns with CNN

Data etc.

For 2009,

1. Satellite Images of NOAA/AVHRR (CH.4) at Syowa Station
2. Reanalysis meteorological data of ERA-Interim
3. Observation data (snowdepth, weather information, blizzard) at Syowa Station

Using observed data at Syowa Station,
we choose the positive and negative samples.

In 28 blizzard events, we have:

whole numbers of images: 4,670

positive images: 748, negative images: 3922

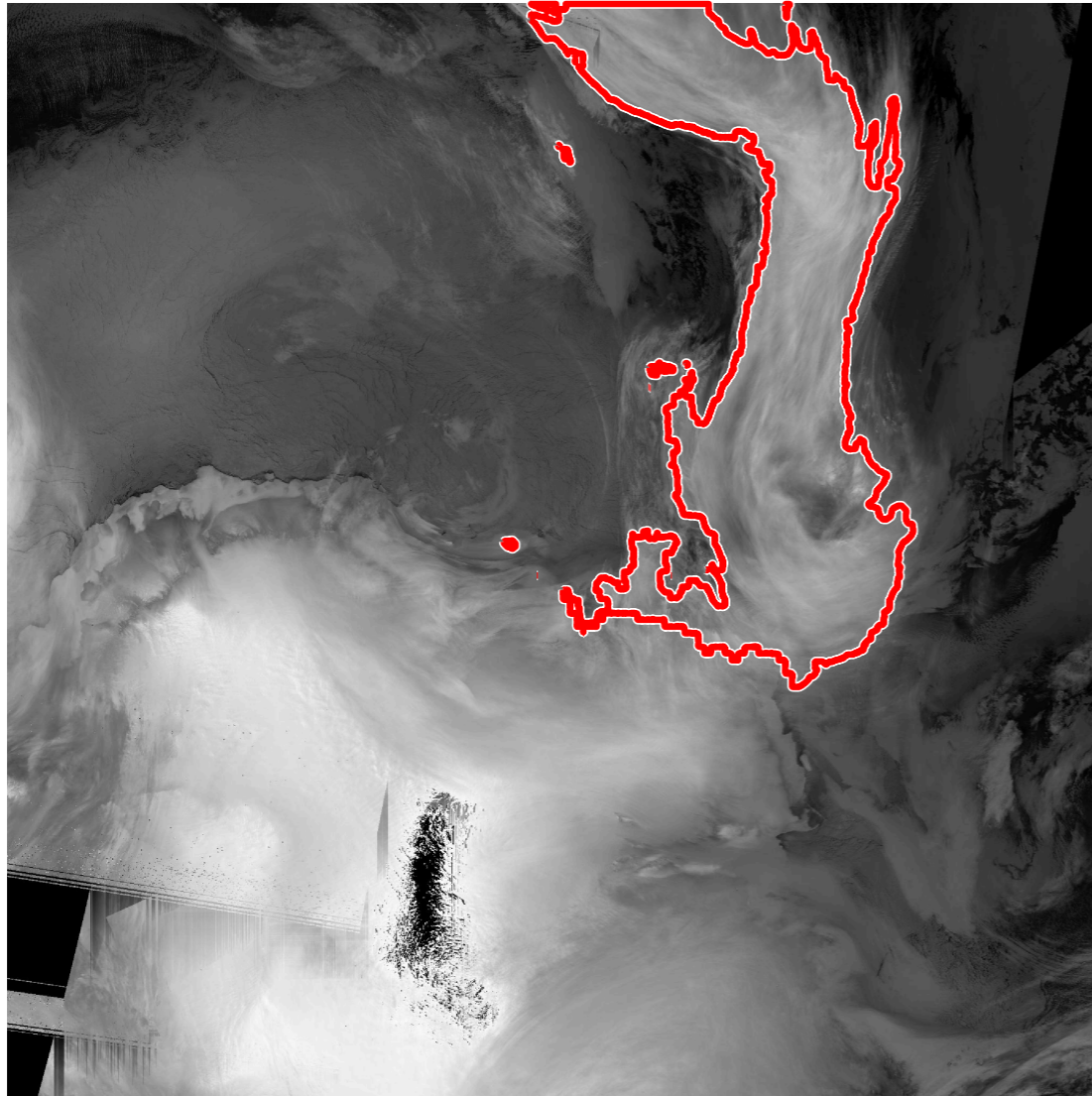
training data: 1,400 (positive: 600, negative: 800)

test data: 280 (positive: 120, negative: 160)

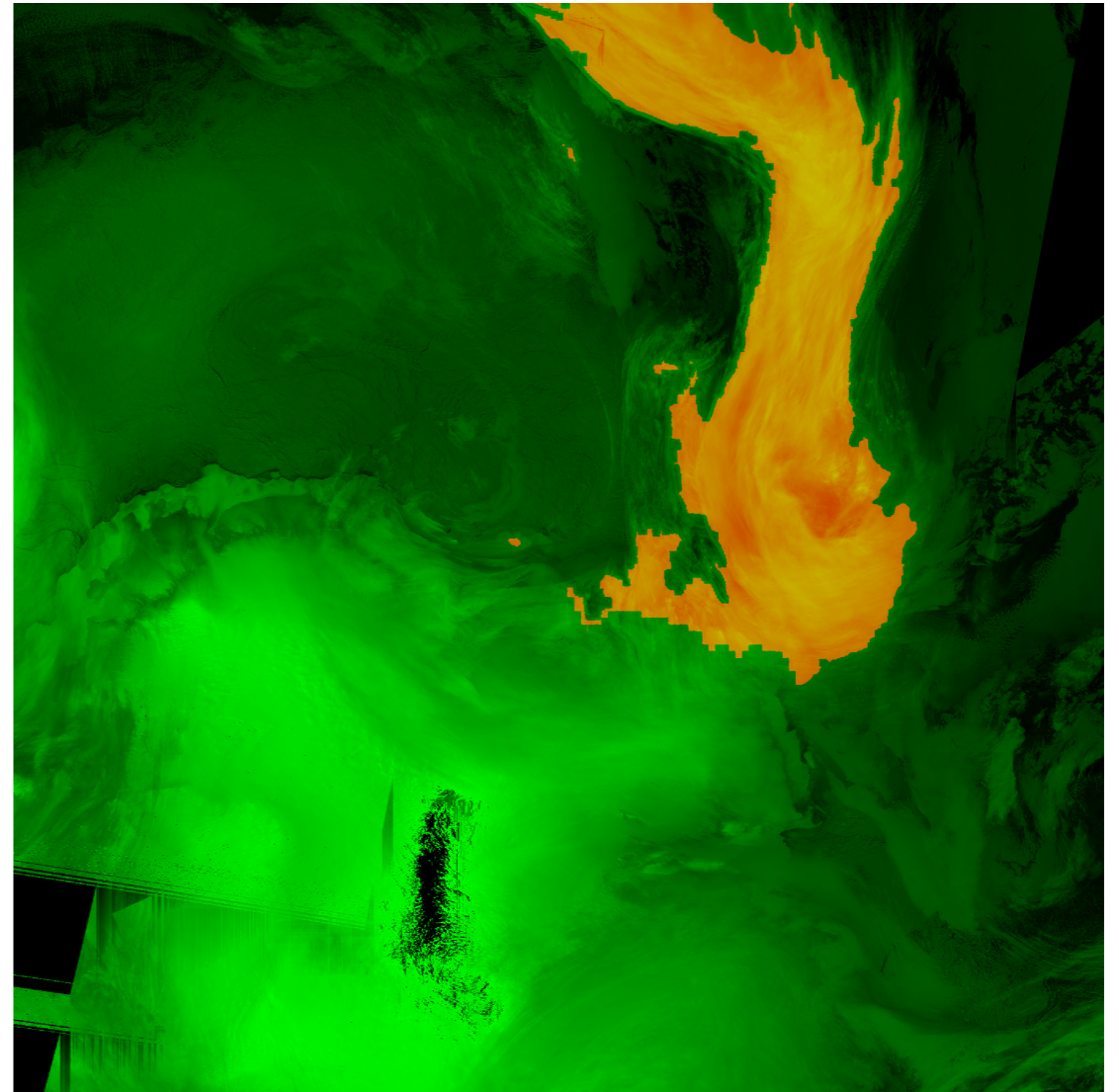
heavy snow

September 9-10 MAX23cm

Pixels: 395154



Pixels: 395154

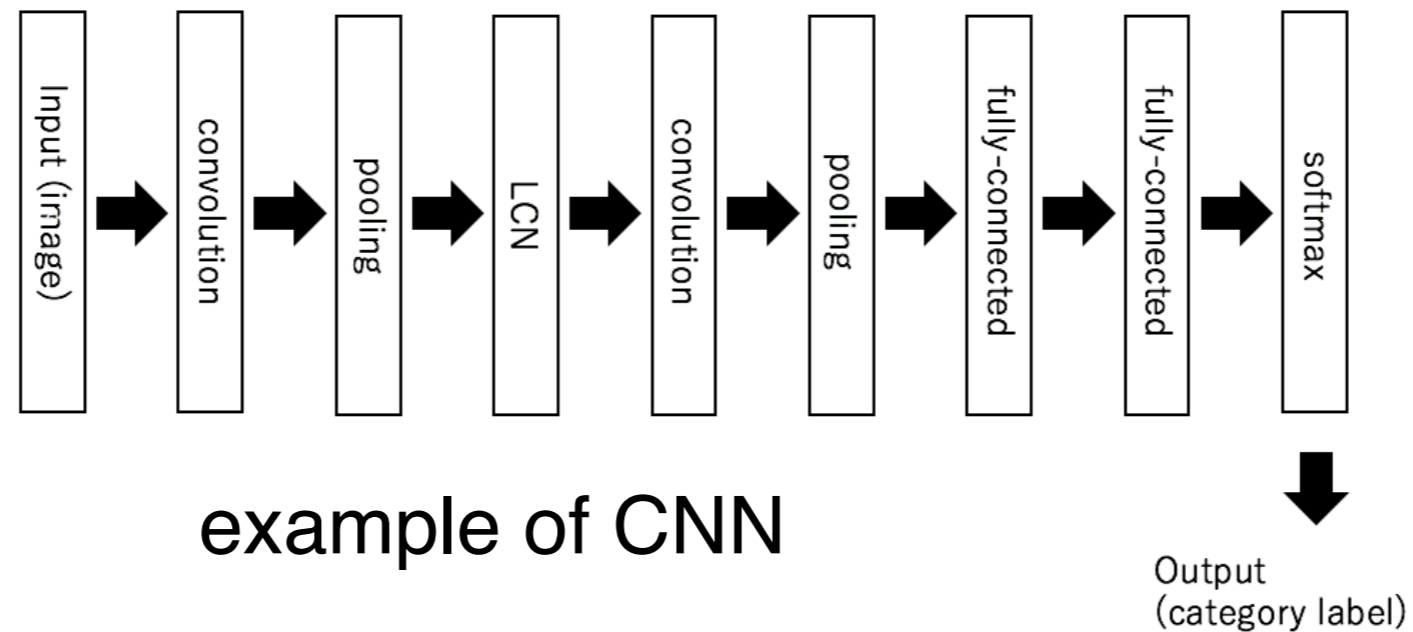


Pixels of high cloud area : 395154

CNN(Convolution Neural Network)

CNN(畳み込みニューラルネット)は画像の学習によく用いられるディープラーニングの手法。

画像データの次元圧縮をすることで計算コストを減らし、学習するデータ数を増やすことで学習器の性能を向上させる。

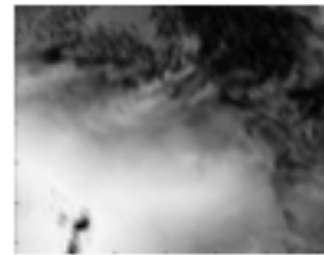


CNNによる初期学習結果

CNN setting:

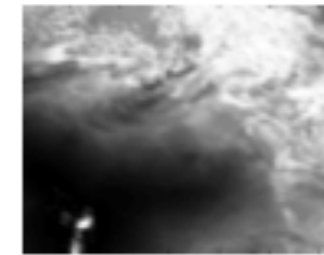
16 layers

- Convolutional layer : 7
- Pooling layer: 7
- Fully connected layer: 2



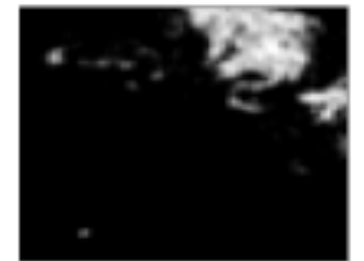
5th layer

126×126



5th layer

126×126



7th layer

62×62



9th layer

30×30



11th layer

14×14



13th layer

3×3

Results:

Images with feature extract of the clouds.

- shallow layers: the feature of clouds
- deep layers: the fine feature

But, a specific value matrix was occurred.

We did not succeed to recognize the cloud structure.

まとめ

- 2009年のブリザード時について、雲画像の結合、高高度の雲エリアの抽出、降雪量との比較、といった事前解析を行った。
- 多雪となる場合は、Atmospheric Riverと呼ばれる中緯度からの水蒸気輸送が見込まれる長い高高度の雲がよく見られた。
- 2009年のNOAA/AVHRR ch.4の雲画像を用い、降雪時の雲を正例としたCNNによる学習を行った。
- あまり明瞭な結果が得られなかったもので、学習器が着目している部分をGrad-CAMによって算出したところ、総観規模擾乱を着目していることがわかった。