

# 気候マップの導入による 統合的研究の見通し

気候モデリング講座 M2

藤本 剛志

# 統合的研究の意義

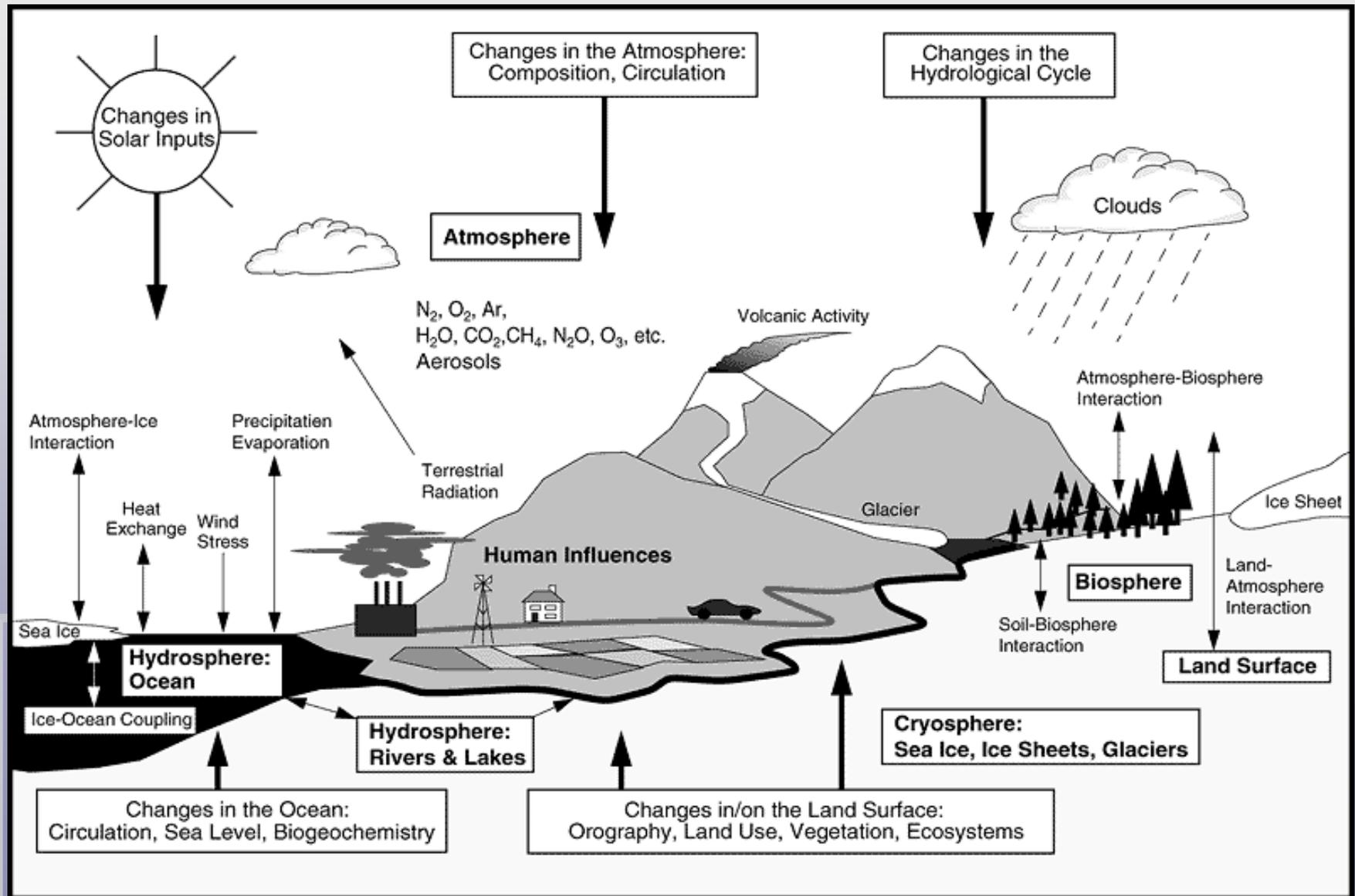


Fig. 1 気候システム概念図 [IPCC 2003].

# 背景 ~ 統合的研究ツールとしてのGIS ~

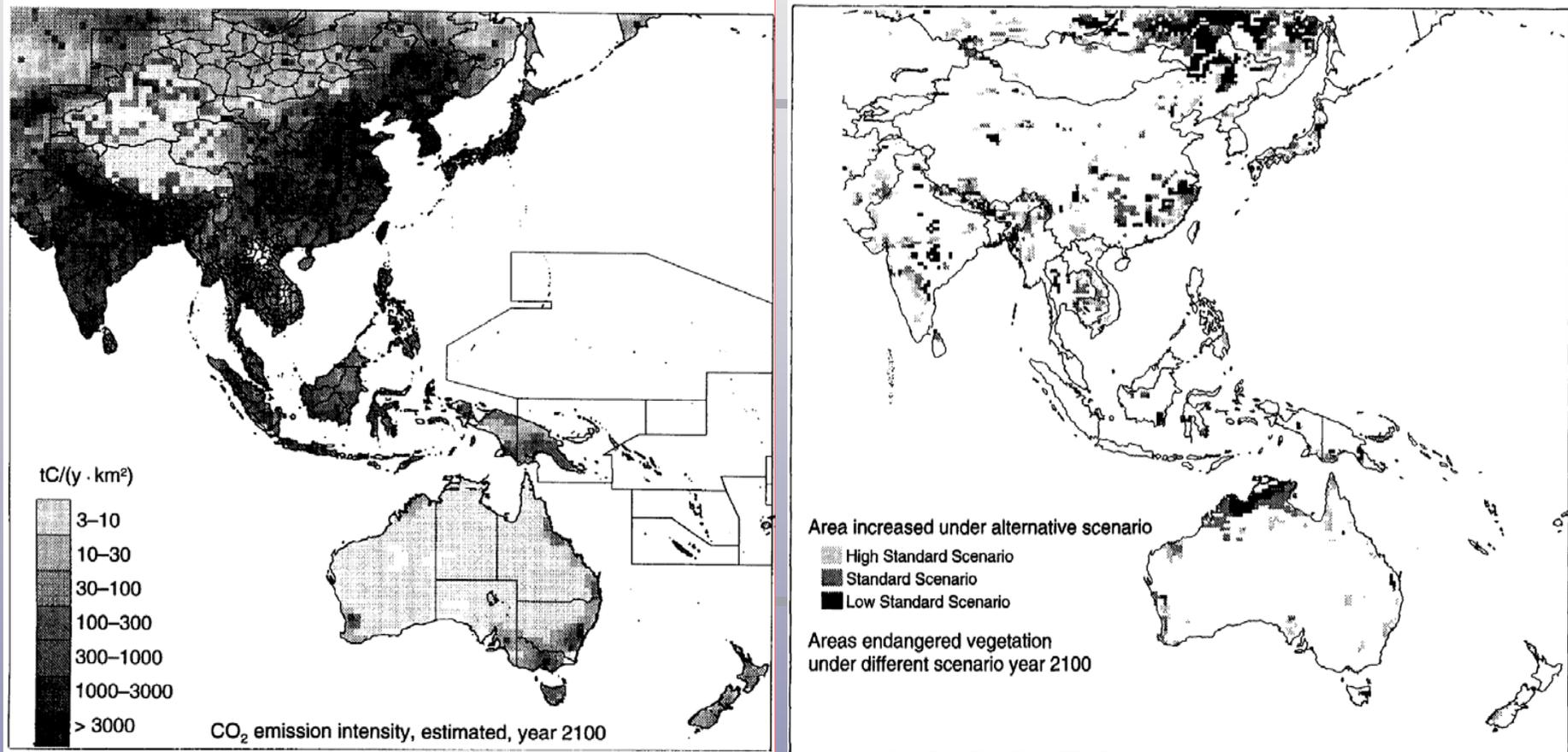
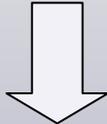
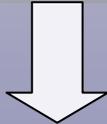


Fig. 2 0.25度グリッドで示された(左)CO<sub>2</sub>排出量, (右)3パターンの異なる地球温暖化シナリオによる植物の遷移シミュレーション [Matsuoka et al., 1995].

# 目的

- 気候を統合的に理解するために
  - 地域規模の様々な要素を表現することが必要となる。  

  - 気候と様々な要素の関係を理解する。
  - GISによる北海道地域の高解像度気候マップを作成。  

- 地球温暖化時への適用
  - 影響予測、緩和対策に有用

# 気候マップ

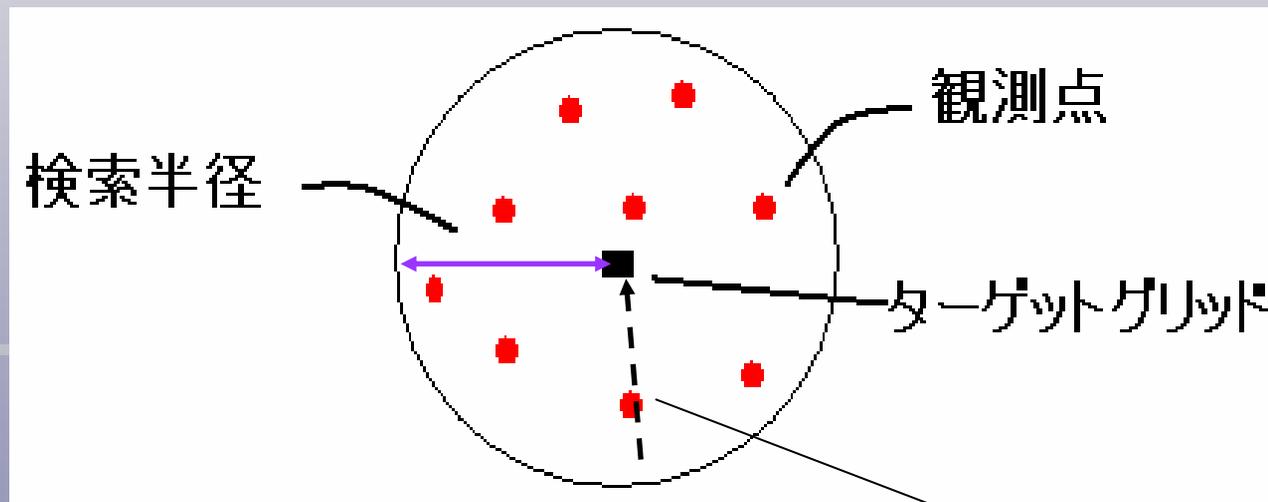
- まばらな観測点から高解像度への補間
  - 統計的手法による補間
    - 逆距離加重法 [Dodson and Marks, 1997]
    - クリギング 最適内挿法 [Garen et al., 1994]
  - 経験的、物理的に考察される地理条件による補間
    - 気候パターン、標高、土地利用、植生分布などの関係による補間
- 気候マップの作成手法
  - 逆距離加重法に、地理条件による重み付けをすることでこれら二つの知見を合わせる [Daly et al., 2002].

# 統計手法の導入

## ■ 線形回帰方程式

$$Y = \beta_1 X + \beta_0$$

[Y: 予測値 X: ターゲットグリッドに与える影響量の総和]



各観測点の情報から回帰式の傾きと切片が決定されターゲットグリッドの予測値が求められる

# 観測点への重み付け

$$W = [F_d W(d)^2 + F_z W(z)^2]^{1/2} W(c) W(l) W(f) W(p)$$

- $W(d)$  : 観測点とターゲットグリッド間の水平距離による重み
- $W(z)$  : 標高の差による重み
- $W(c)$  : 観測点密度による重み
- $W(l)$  : 大気の2層性による重み
- $W(f)$  : 沿岸作用による重み
- $W(p)$  : 山岳斜面の方向の相違による重み
- $F_d \cdot F_z$  : 水平距離と鉛直距離(標高差)のどちらにより大きく重みをつけるかを示す定数. 通常、 $F_d = 0.8$ ,  $F_z = 0.2$

# 水平距離と鉛直距離による重み

$$W(d) = \begin{cases} 1; & d = 0 \\ \frac{1}{d^a}; & d > 0 \end{cases}$$

水平距離が離れるに従い、重みを減少させていく。dが水平距離。通常、 $a = 2$ 。2乗の逆距離加重法に対応。

$$W(z) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta z_m^b}; & \Delta z \leq \Delta z_m \\ \frac{1}{\Delta z^b}; & \Delta z_m < \Delta z < \Delta z_x \\ 0; & \Delta z \geq \Delta z_x \end{cases}$$

鉛直距離についても同様。ただし、 $b = 1$ が経験的に一般的とされ、最小鉛直距離  $z_m$  が与えられている。これは1乗の逆距離加重法に対応する。

# 大気の2層性と沿岸作用による重み

$$W(l) = \left\{ \begin{array}{l} 1; \Delta l = 0 \text{ or } \Delta z \leq \Delta z_m \\ \frac{1}{(\Delta z - \Delta z_m)^y}; \Delta l = 1 \text{ and } \Delta z > \Delta z_m \end{array} \right\}$$

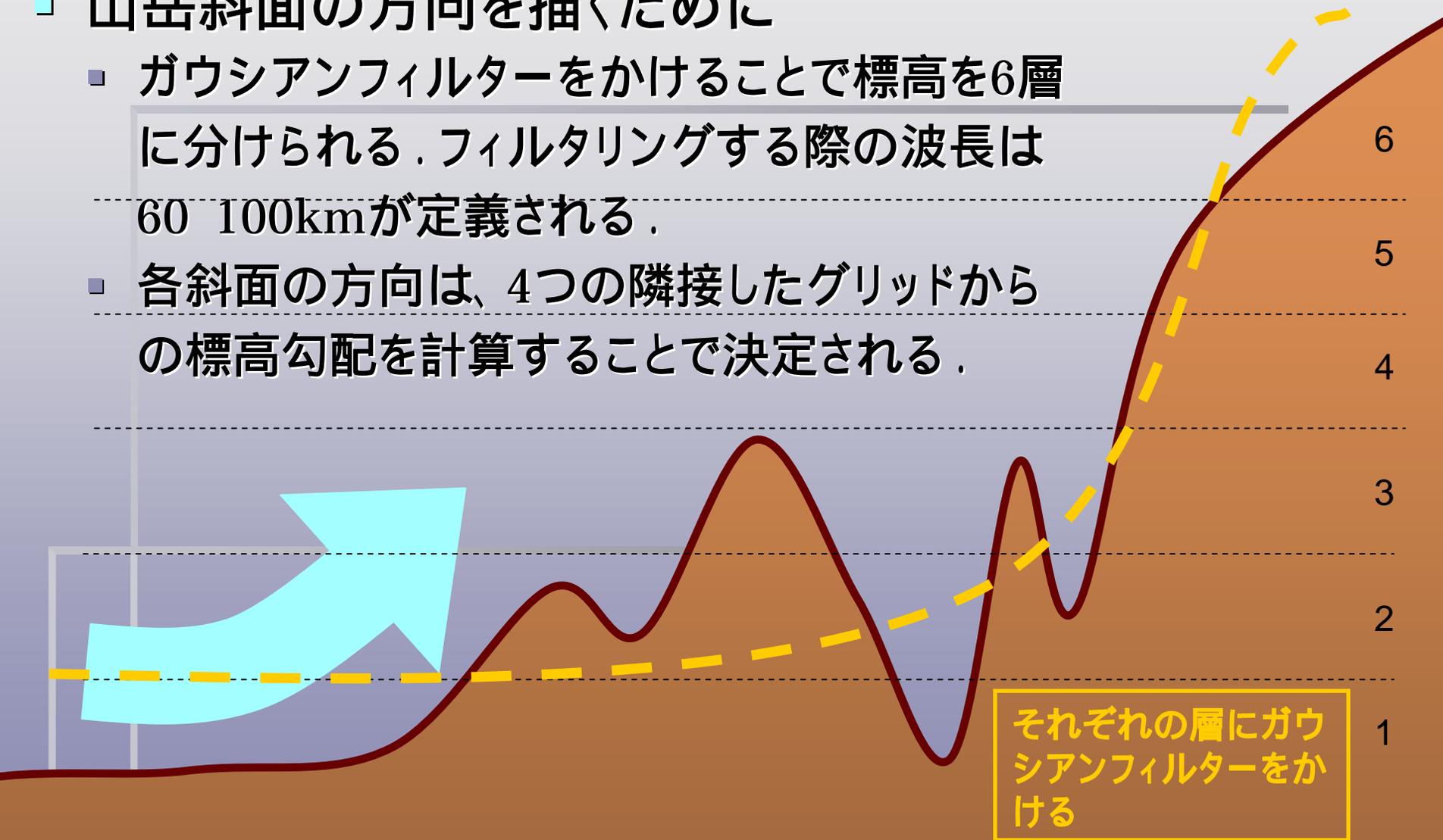
大気を境界層と自由大気に分けたとき、同じ層内にある ( $l = 0$ ) か、ない ( $l = 1$ ) かで重みをつける。なお、その際、たとえ層が異なる場合でも、鉛直距離が  $z_m$  を超えない場合は重み1をつける。また、 $y$ は1である。

$$W(p) = \left\{ \begin{array}{l} 1; \Delta p = 0 \\ 0; \Delta p > p_x \\ \frac{1}{\Delta p^v}; 0 < \Delta p \leq p_x \end{array} \right\}$$

海洋の状態、特にSSTは沿岸の気候に大きく影響する。沿岸からの距離  $p$  で逆距離加重をかける。なお、 $v$ は沿岸作用が顕著な地域だけで1と設定される。

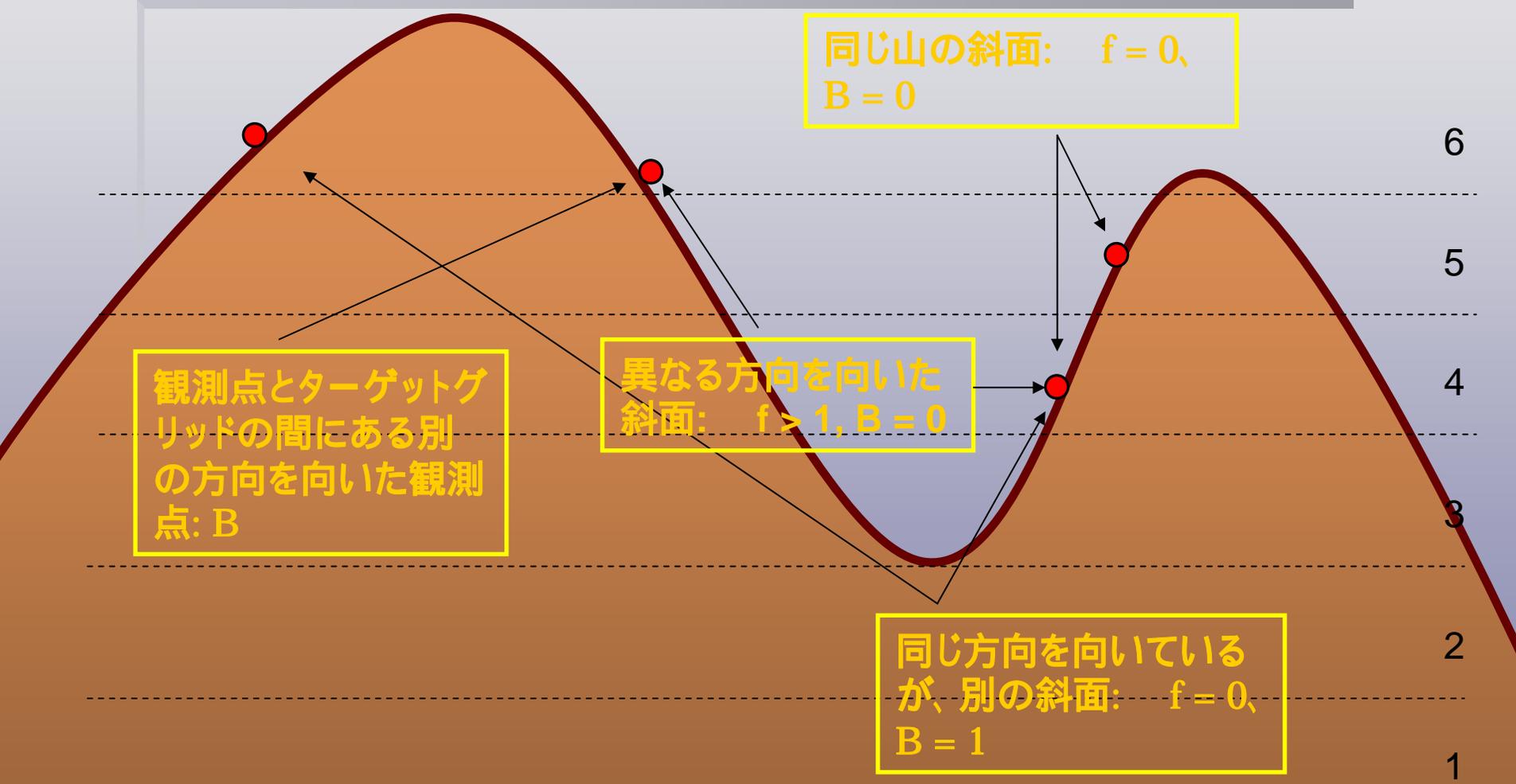
# 山岳斜面の方向による重み

- 山岳斜面の方向を描くために
  - ガウシアンフィルターをかけることで標高を6層に分けられる。フィルタリングする際の波長は60-100kmが定義される。
  - 各斜面の方向は、4つの隣接したグリッドからの標高勾配を計算することで決定される。



$$W(f) = \begin{cases} 1; \Delta f \leq 1 \text{ and } B = 0 \\ \frac{1}{(\Delta f + B)^c}; \Delta f > 1 \text{ or } B > 0 \end{cases}$$

fは観測点とターゲットグリッド間の斜面の向きの差を表し、8つのコンパスの向きで表現され、最大値は4(180度)である。また、cは経験的に2.0をとることが一般である。



# 土地利用形態と局地気象

- 水面・緑地の熱環境緩和作用
  - 風上側にある熱環境緩和要素による風下側での緩和作用 [堀口ら, 2004]
- ヒートアイランド効果
  - 都市全体規模でのシミュレーションを目的としたメソスケールモデル [Kusaka et al., 2000] で示されている。

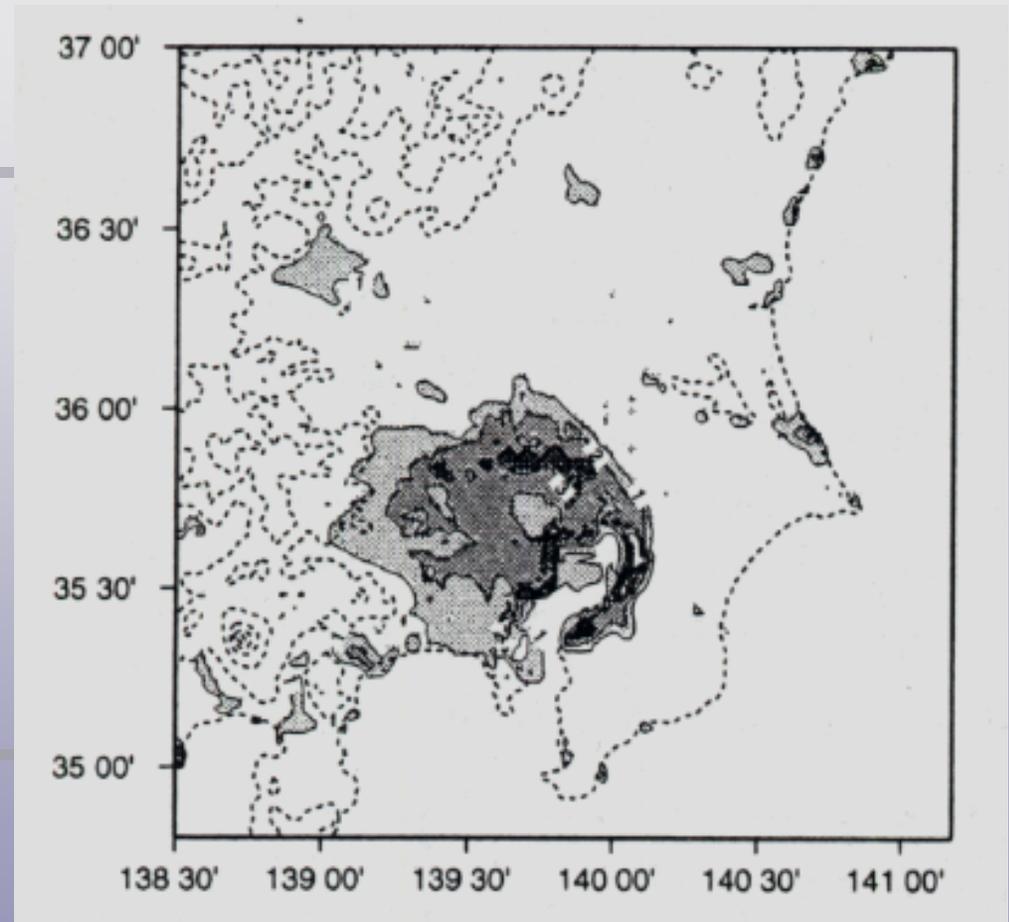
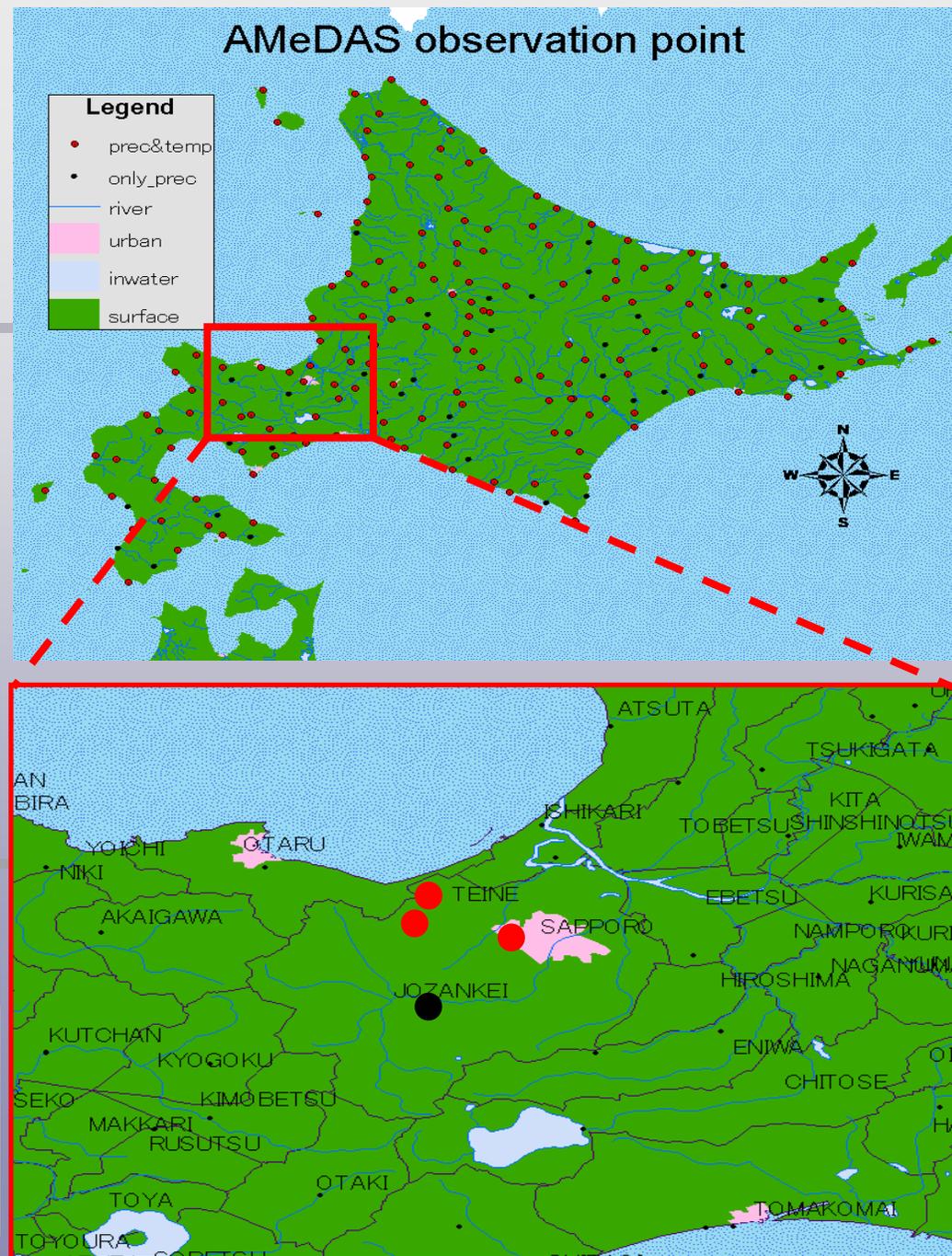


Fig. 3 数値シミュレーションから示された都市地域のヒートアイランド効果 [Kusaka et al., 2000]. (1985年の土地利用) - (1900年の土地利用) から求められた. 実線は1 間隔. 点線は等高線.

# 気象データ

- 気象庁アメダス観測点データ(大気海洋専攻保管CD-ROM)
  - 地域: 北海道
  - 要素: 気温、降水量
  - 地点: 全道164地点(赤) + 降水量のみ37地点(黒)
  - 期間: 1992 - 1998

Fig. 3 (上)北海道全域、(下)札幌近郊のアメダス観測点プロット図



# 地理情報データ

## ■ 地球地図 (Global Map)

- International Steering Committee for Global Mapping (ISCGM)が中心に作成
- 地球の全陸域をカバーし、統一された仕様を持つ1km × 1kmの地理情報データセット
- 標高、植生、土地利用、河川、海岸線、土地被覆、交通網、行政界、人口集中地区

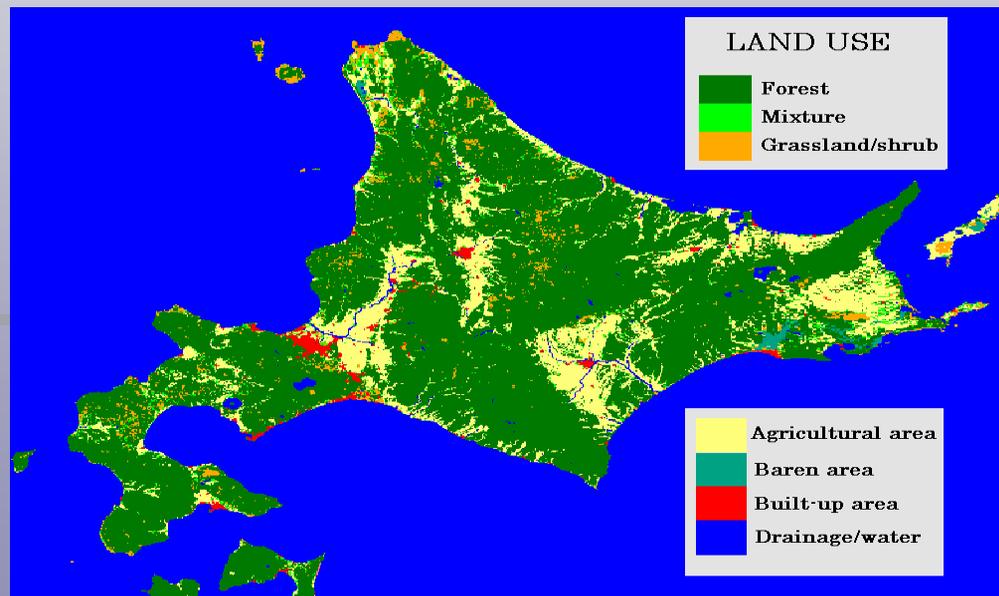
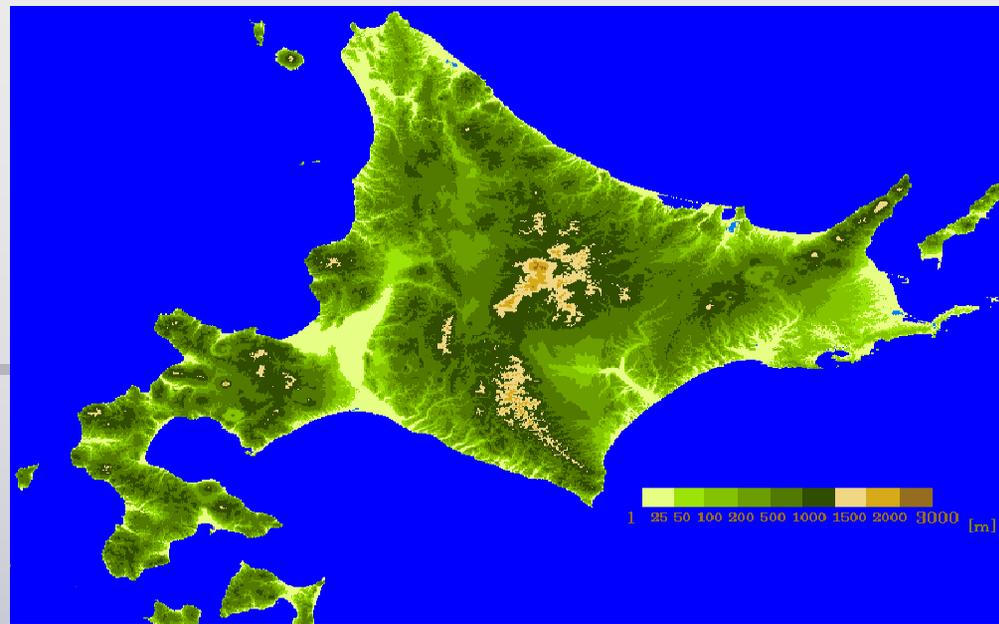
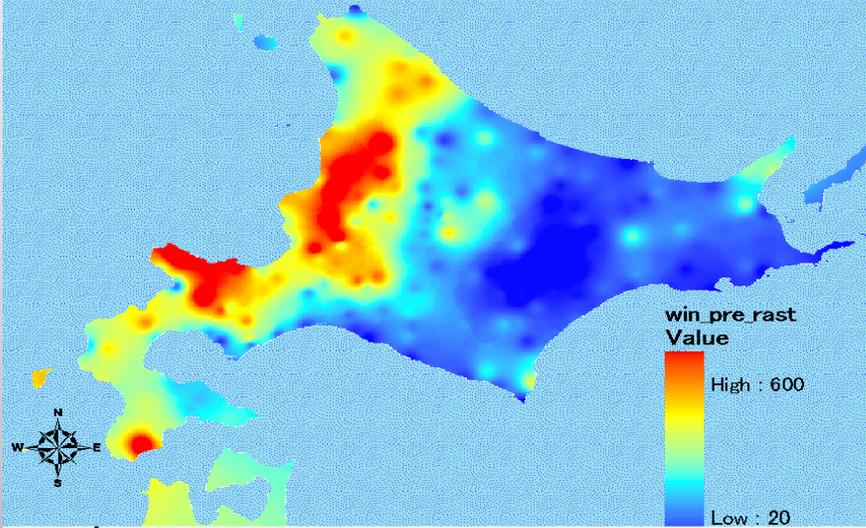


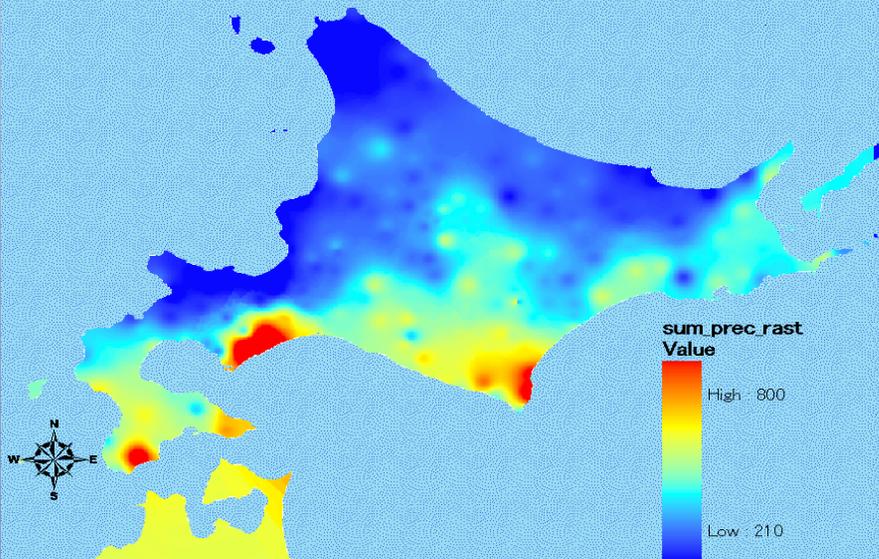
Fig. 4 Global Mapから示された北海道の(上)標高と、(下)土地利用。

# 2乗逆距離加重法

1992-1998 winter(DJF) averaged precipitation



1992-1998 summer(JJA) averaged precipitation :



AMeDAS observation point

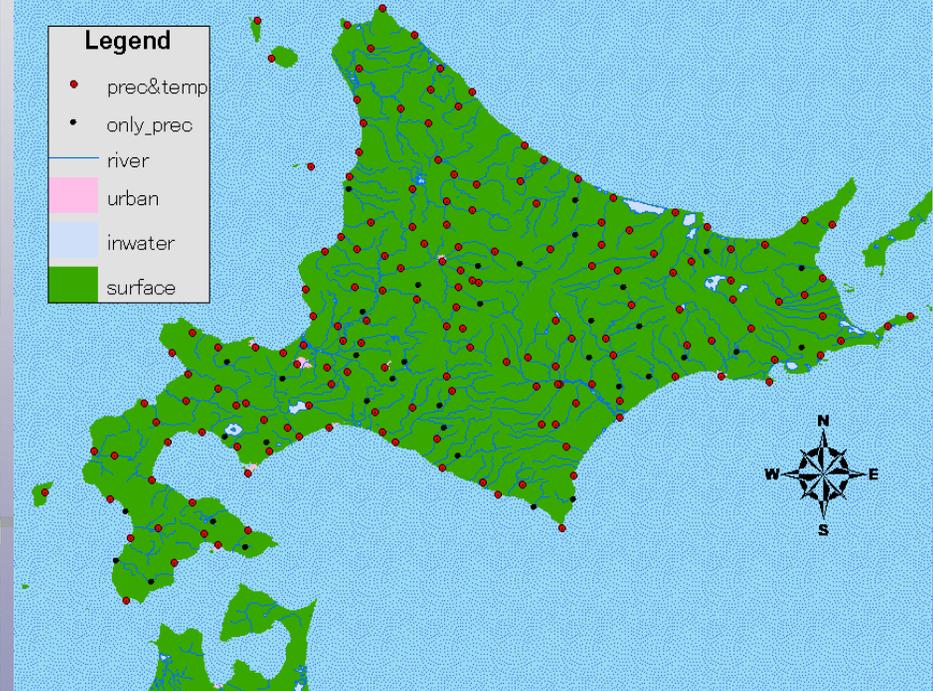


Fig. 5 逆距離加重法により内挿された各気候値データ(1km × 1km).

# 検証

Table 1 札幌市マルチセンサー設置点.

## ■ 検証データ

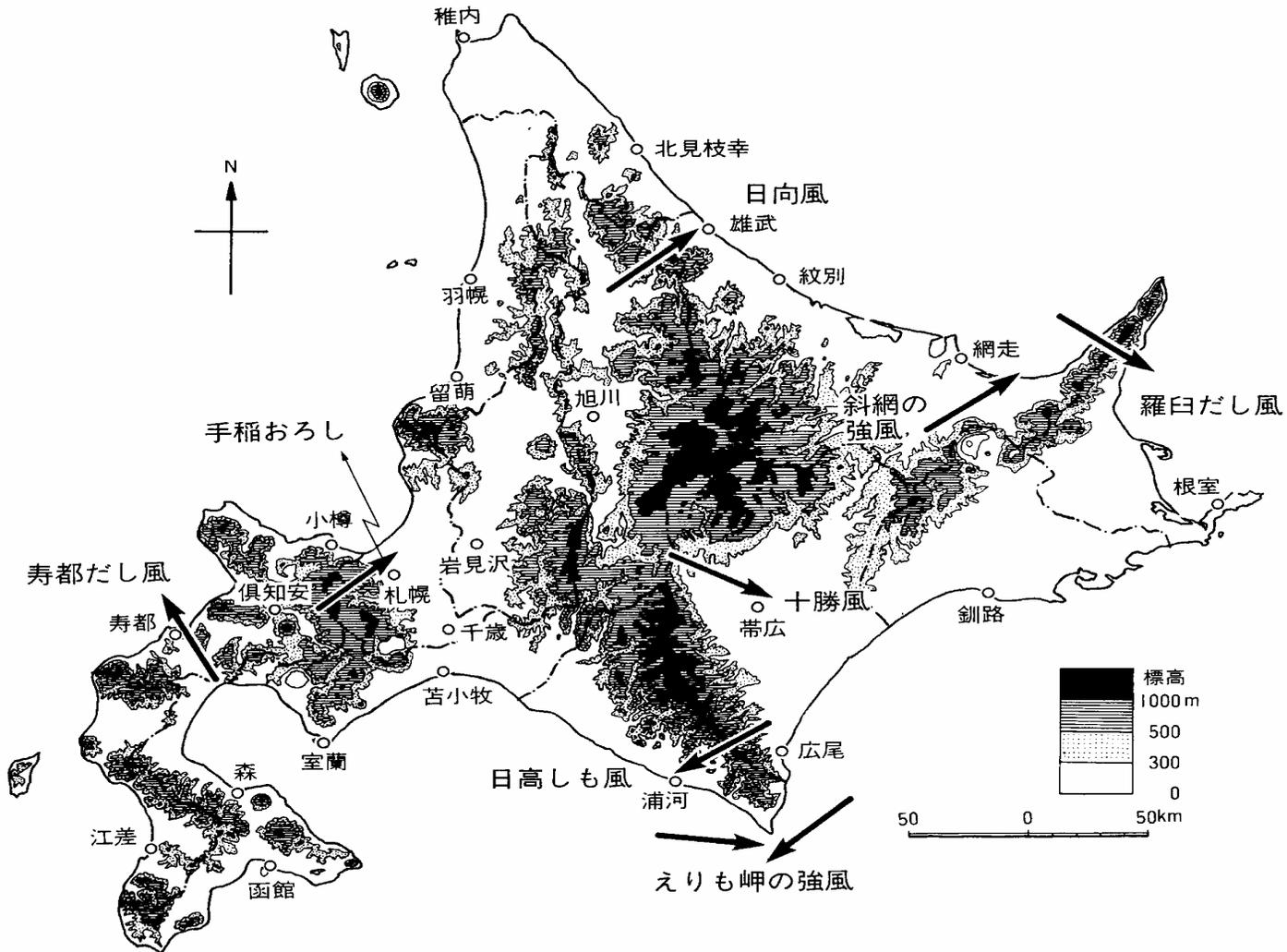
- 札幌総合情報センター(株)「札幌市マルチセンサーデータ」
- 札幌市近郊の気温(52地点)、降水量(37地点)

| 地点 | 設置地点の住所            | 降水量 |
|----|--------------------|-----|
| 1  | 札幌市中央区北12条西23丁目2-1 | ○   |
| 2  | 札幌市北区太平12条2丁目      | ○   |
| 3  | 札幌市東区北33条東18丁目     | ○   |
| 4  | 札幌市白石区本通14丁目南5     | ○   |
| 5  | 札幌市厚別区厚別町下野幌45番39  | ○   |
| 6  | 札幌市豊平区西岡3条1丁目      | ○   |
| 7  | 札幌市南区南31条西8丁目      | ○   |
| 8  | 札幌市西区西野290番地10     | ○   |
| 9  | 札幌市手稲区瑞5条5丁目2番1号   | ○   |
| 10 | 当別町字高岡3199-122     | △   |
| 11 | 札幌市中央区南16条西4丁目     | ○   |
| 12 | 札幌市中央区宮が丘3番1       | ○   |
| 13 | 札幌市中央区盤渓201番59     | ○   |
| 14 | 札幌市北区北26条西8丁目      | ○   |
| 15 | 札幌市北区新琴似4条14丁目     | ○   |
| 16 | 札幌市北区あいの里4条10丁目1-1 | ○   |
| 17 | 札幌市東区北丘珠6条4丁目1-1   | ×   |
| 18 | 札幌市東区丘珠町569-10     | ○   |
| 19 | 札幌市東区東苗穂8条3丁目      | ○   |
| 20 | 札幌市白石区菊水3条1丁目      | ○   |
| 21 | 札幌市白石区菊水元町8条3丁目5-1 | ×   |
| 22 | 札幌市厚別区厚別町山本645番地18 | ×   |
| 23 | 札幌市厚別区厚別中央5条1丁目    | ○   |
| 24 | 札幌市清田区平岡公園1番地      | ○   |
| 25 | 札幌市清田区平岡2条4丁目      | ○   |
| 26 | 札幌市豊平区西岡544番地      | ○   |
| 27 | 札幌市豊平区里塚468番地      | ○   |

|    |                  |   |
|----|------------------|---|
| 28 | 札幌市南区中の沢1758番地   | △ |
| 29 | 札幌市南区石山2条4丁目251  | ○ |
| 30 | 札幌市南区藤野3条10丁目    | ○ |
| 31 | 札幌市南区定山溪温泉東1丁目50 | ○ |
| 32 | 札幌市南区滝野106番地     | ○ |
| 33 | 札幌市西区福井6丁目       | ○ |
| 34 | 札幌市西区平和244番地     | ○ |
| 35 | 札幌市手稲区手稲山口265番地8 | × |
| 36 | 小樽市鉄函1丁目10番1号    | ○ |
| 37 | 石狩市花川南6条5丁目      | × |
| 38 | 石狩市新港町中央1丁目      | ○ |
| 39 | 石狩市高岡28番地        | × |
| 40 | 石狩市観船町字西浜1番42    | × |
| 41 | 石狩市花川東1000番地     | × |
| 42 | 当別町太美町1453番地     | × |
| 43 | 当別町下川通り137番地     | ○ |
| 44 | 当別町金沢2796        | × |
| 45 | 江別市工業町12番地       | × |
| 46 | 江別市上江別南町3番地      | ○ |
| 47 | 江別市大朝東町35番地      | × |
| 48 | 江別市西野幌127番地      | × |
| 49 | 北広島市青葉町4丁目       | ○ |
| 50 | 恵庭市島松寿町2丁目24番地   | ○ |
| 51 | 北広島市島松284番地      | ○ |
| 52 | 北広島市西の里787番地     | ○ |

# 札幌地域への適用の意義

冬季

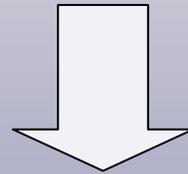


局地

Fig. 7 北海道地域に卓越する局地風 [大川, 1992]

# まとめ

- 気候に関する統合的研究における地域規模の気候マップの重要性
- 統計学的手法とともに、物理的要素の影響も含んだ手法



- 北海道地方への適用
  - 札幌地域を検証用として抽出
    - 特徴的な風、都市、山岳、農業用地と必要な要素が含まれた適当な地域

# An example for facet weighting process

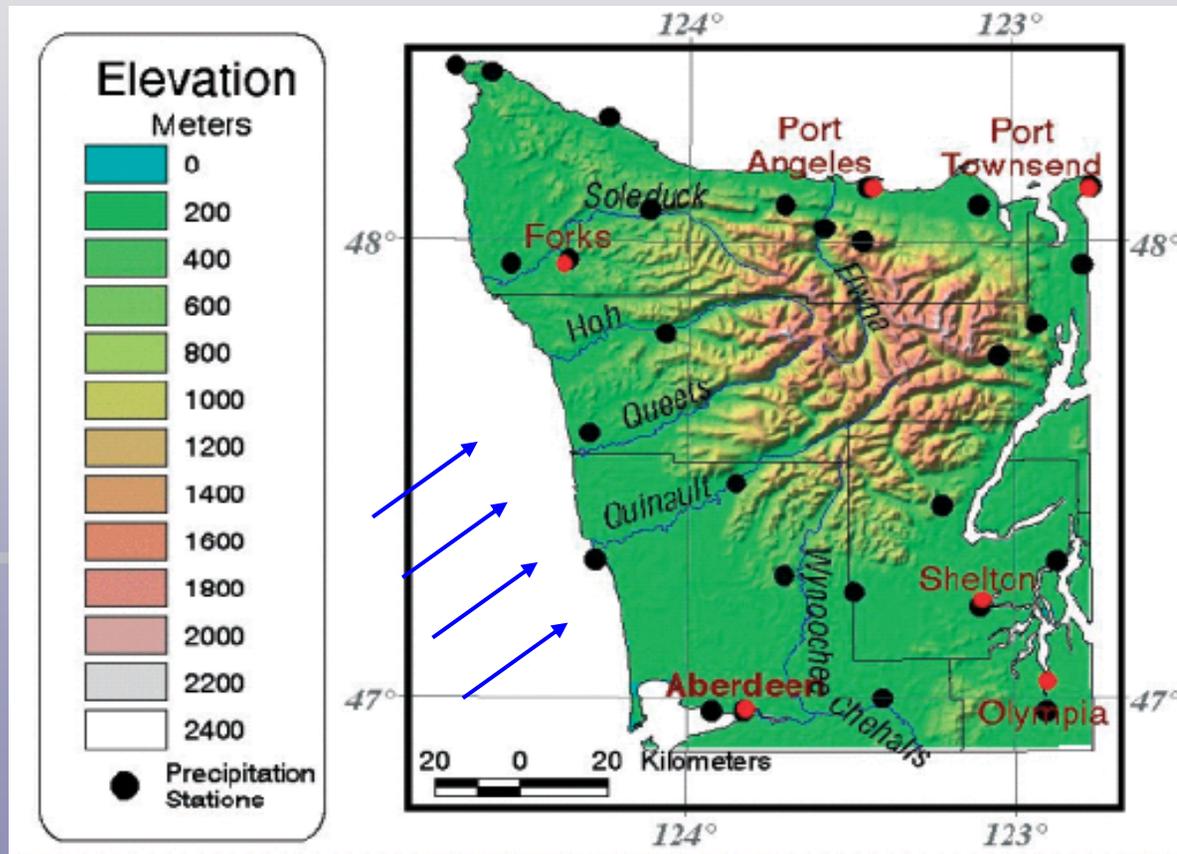


Fig. 2 Terrain map of the Olympic Peninsula, in the northwest corner of Washington State, USA. Terrain resolution is 500 m. Location of precipitation stations used in mapping are shown as black dots.

# Estimation of facet direction

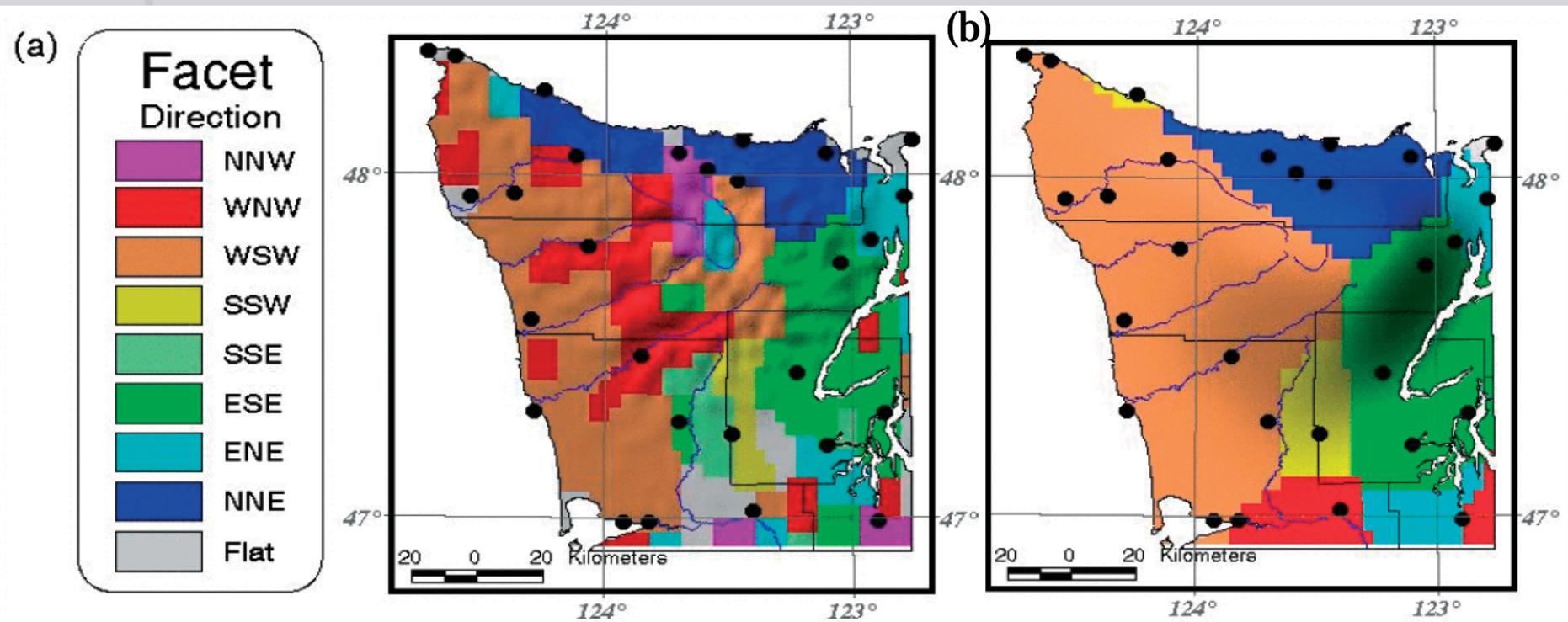
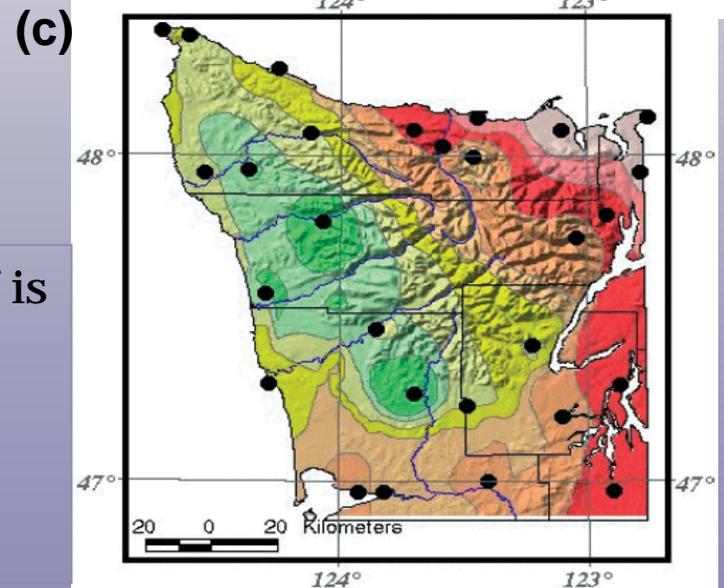
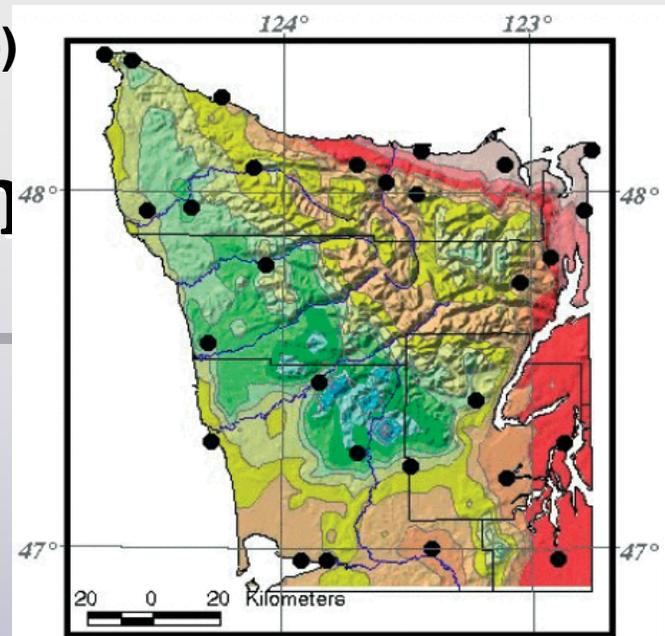
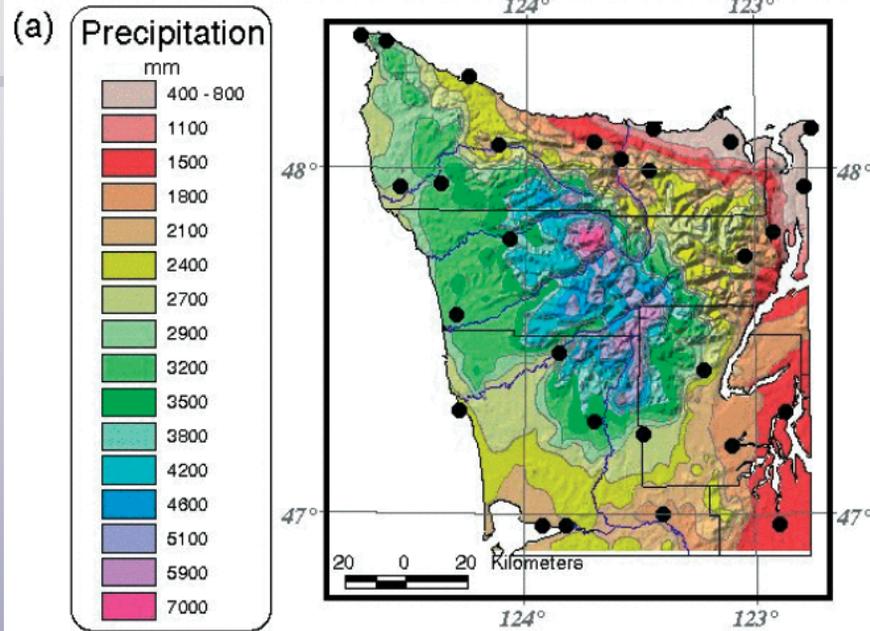


Fig. 3 Topographic facet grids overlain on shaded terrain grids for the Olympic Peninsula delineated at 2 wavelengths; (a) 4 km and (b) 60 km

# Precipitation map for<sup>(b)</sup> the Olympic Mountain



Evidence : on the windward, mean annual runoff is  
3452 mm : in the Hoh River watershed  
3442 mm : in the Queets River watershed  
4042 mm : in the Quinault River watershed

Fig. 4. Mean annual (1961–1990) precipitation with: (a) elevation regression functions and topographic weighting at each grid cell; (b) same as (a) except without topographic facet weighting; and (c) same as (b) except without terrain (all elevations set to zero). Mapping grid resolution is 4 km.

# An example for coastal proximity

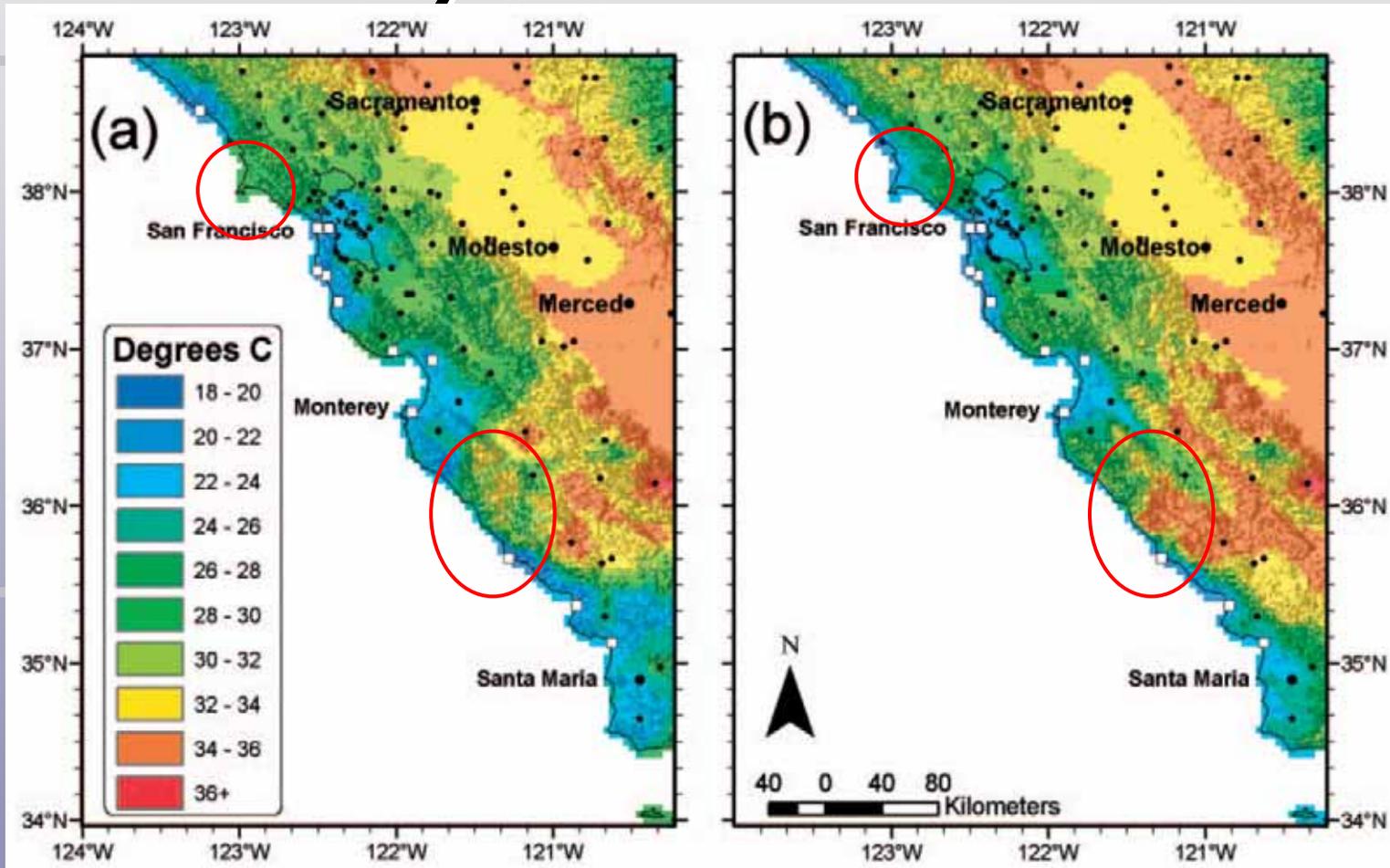


Fig. 5 Map of 1961–1990 mean August maximum temperature for the coast of central California (a) without and (b) with coastal proximity weighting. Open squares denote locations of coastal stations. Solid dots denote inland stations. Modeling grid resolution is 4 km.

# Estimation of potential wintertime inversion height

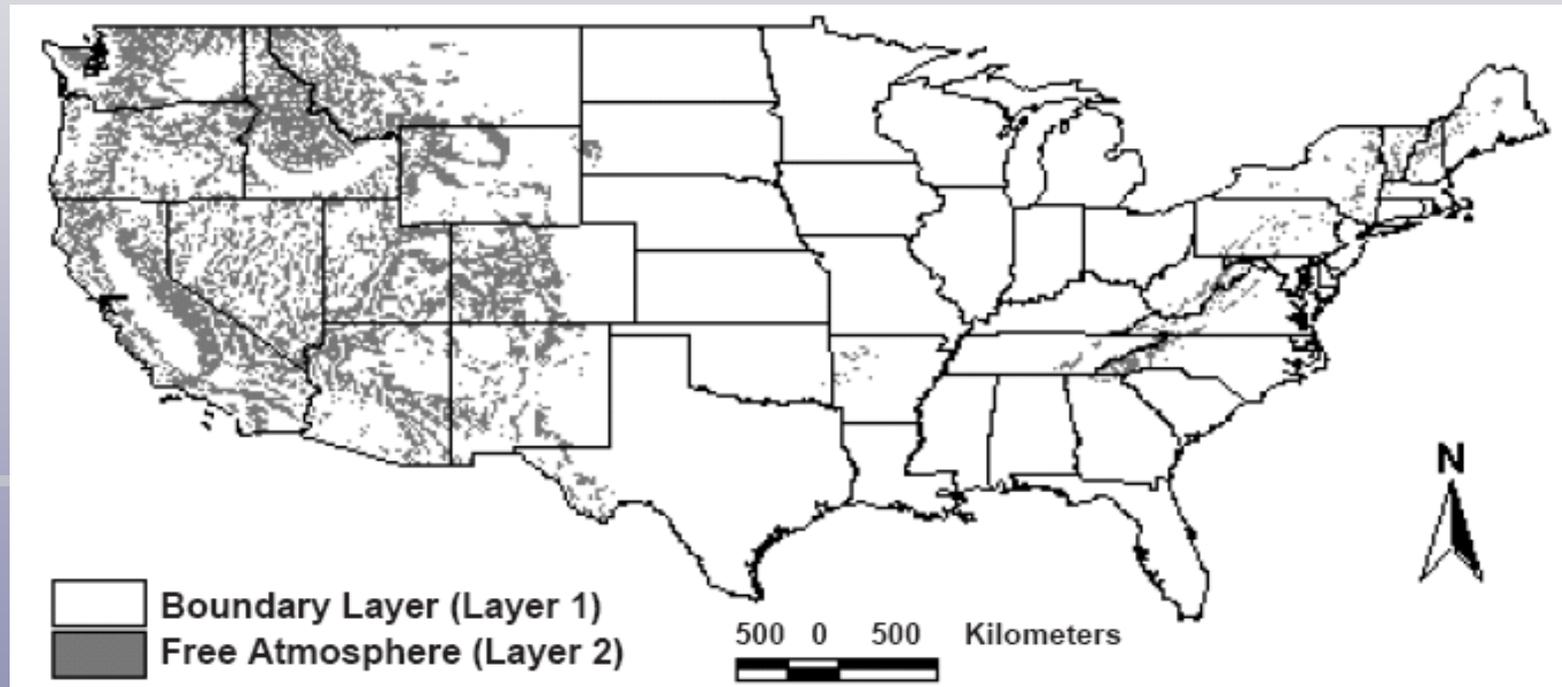


Fig. 6 Estimated wintertime inversion layer grid for the conterminous US. Shaded areas denote terrain estimated to be in the free atmosphere (layer 2) under winter inversion conditions, should they develop. Unshaded areas are expected to be within the boundary layer (layer 1). Grid resolution is 4 km.