

# 確率伝搬法を用いた画像処理とその応用

理学専攻・情報科学コース 稲葉 文香

## 1 はじめに

確率伝搬法とは各ノードの最適な状態を周辺分布を使って求めることで、最適解を導くことができるアルゴリズムである。近年、この確率伝搬法が画像処理の分野で幅広く用いられている。例えば、原画像にノイズが入った劣化画像からより原画像に近い修復画像を求めることができる [1]。そこでこの手法が他のデータで応用することができないかと考えた。現在、気象庁は気象現象の変化を把握するためにアメダスと呼ばれる気象観測システムの一つを使用している。日本における降水量観測所は平均 17 km のメッシュ間隔で全国に設置されている。しかし、経済的理由や地形的要因により観測所の増設を容易に行うことはできない。そこで観測所が設置されていない地域の降水量を精度良く補間する必要がある。本研究ではアメダスによって得られた降水量データを基に、観測所間における降水量を推定する。

## 2 モデルと方法

モデルは次のような確率密度関数  $P$  によって表される [1, 2]。

$$P \equiv \frac{1}{Z} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \beta \sum_{i,j} (f_{i,j} - g_{i,j})^2 - \frac{1}{2} \alpha \sum_{i,j} [(f_{i,j} - f_{i+1,j})^2 + (f_{i,j} - f_{i,j+1})^2] \right\} \quad (1)$$

$Z$  は状態和、 $i$  と  $j$  はグリッド上の位置、 $f_{i,j}$  は結果データ、 $g_{i,j}$  は初期データ、 $\alpha$  は隣同士のデータのつながり、 $\beta$  は初期データと結果データのつながりをそれぞれ表し、 $\exp$  の中の第 1 項は初期データと結果データの関係、第 2 項は結果データにおける隣同士のデータの意味している。

方法は EM アルゴリズムと確率伝搬法を組み合わせたものを用いる (図 1)。外側の EM アルゴリズムでは確率伝搬法内で使われるパラメータ  $\alpha$ 、 $\sigma$  の期待値を求める。それらを用いて内側の確率伝搬法では各ノードの最適な状態を周辺分布を使って求めていく。この 2 つの方法を組み合わせることにより、最適解により近い解を導くことができる。

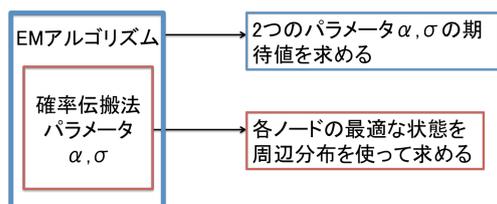


図 1: 方法

## 3 アメダスデータと解析雨量を用いた解析

### 3.1 シミュレーションの手順

1. 推定範囲を関東圏とし、1 時間前の解析雨量が既知であると仮定する
2. 1 時間前の解析雨量とアメダスによって取得された現時刻の降水量と組み合わせる
3. 2 のデータから観測所が設置されていない地域の現時刻の降水量を推定する
4. 現時刻の解析雨量と比較する

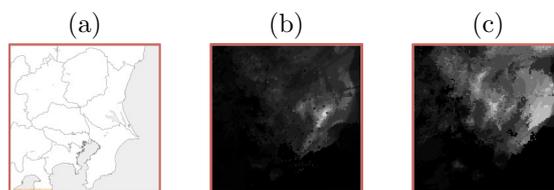


図 2: (a) 関東圏の地図、(b) 初期データ、(c) 正解データ。

ここで降水量とは前 1 時間雨量、解析雨量はレーダーとアメダスなどの降水量観測値から作成した降水量分布、関東圏は緯度 34.5 ~ 36.6・経度 138.0 ~ 141.2 を指し示す [図 2(a)]。目標設定としては初期データを 2016 年 6 月 13 日 10 時の解析雨量と 2016 年 6 月 13 日 11 時のアメダスデータを組み合わせたもの [図 2(b)]、正解データを 2016 年 6 月 13 日 11 時の解析雨量とする [図 2(c)]。初期データから正解データまでどれだけ近づけるか検証していく。

### 3.2 初期データ作成

初期データの作り方について図 3 を用いて説明する。青い丸を解析雨量データ、オレンジの丸をアメダスデータとすると、アメダスデータを取得した観測所に近い 4 地点をアメダスデータに置き換える。これをすべてのアメダスデータに対して行い、128 × 128 のグリッドデータを作成する。

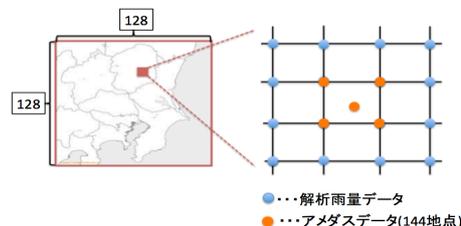


図 3: 初期データの作成方法

### 3.3 結果 (EM アルゴリズムと確率伝搬法)

第 2 節で説明した方法を用いて、シミュレーションを行った結果を示す (図 4)。(a) が初期データ、(b) が結果、(c) が正解データである。初期データに比べて結果にあまり変化が見られない。1 時間前と 1 時間後の

降水量データの差が予想以上に大きく、初期データへの影響が強すぎたことが原因だと考えられる。そこで初期データの作成方法を見直す必要があると考えた。

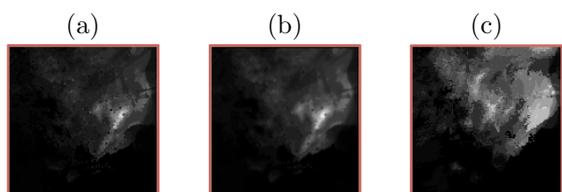


図 4: (a) 初期データ、(b) 結果データ、(c) 正解データ。

## 4 アメダスデータのみ用いた解析

### 4.1 初期データ作成

第 3.3 節の結果を踏まえて、初期データに 2016 年 6 月 13 日 11 時のアメダスデータのみを使用することにした。しかし  $128 \times 128$  のグリッドデータに対してアメダスデータが 144 個と少ないので、GMT の `nearneighbor` を用いた。ここで GMT とはオープンソースのデータマッピングツールのことである。`nearneighbor` とは GMT のコマンドの一つで、`nearest neighbor` 法を用いて、任意の位置に与えられたデータからグリッド上のデータを求めることができる [3]。

### 4.2 結果 (EM アルゴリズムと確率伝搬法)

第 4.1 節で作成した初期データを基に、第 2 節で説明した EM アルゴリズムと確率伝搬法を組み合わせた方法を実行した結果を示す (図 5)。(a) が初期データ、(b) が結果、(c) が正解データである。こちらも初期データに比べて結果にあまり変化が見られなかった。考察としては EM アルゴリズムにおいてガウスノイズを仮定してパラメータを決定するような仕組みになっていたため、算出されるパラメータの期待値が適切ではなかったと考えられる。

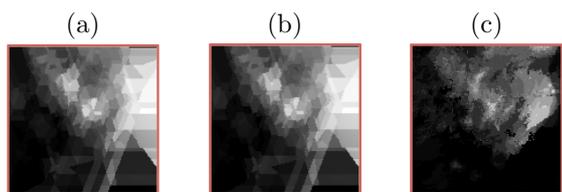


図 5: (a) 初期データ、(b) 結果データ、(c) 正解データ。

### 4.3 結果 (確率伝搬法)

第 4.1 節で作成した初期データを基に、 $\sigma$  を 100 に固定して、 $\alpha$  を少しずつ変化させながら、確率伝搬法を実行した結果を示す (図 6)。

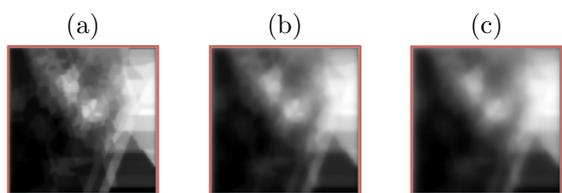


図 6: (a)  $\alpha = 0.0001$ , (b)  $\alpha = 0.0005$ , (c)  $\alpha = 0.001$ 。

EM アルゴリズムを使用していたときよりは変化が見られるのが分かる。

## 5 結果データの比較

次に 3 種類の結果データを比較してみることにした。1 つ目の結果データ (1) は 2016 年 6 月 13 日 10 時の解析雨量と 11 時のアメダスデータから作成した初期データを基に、EM アルゴリズムと確率伝搬法を組み合わせた方法を実行したもの、2 つ目の結果データ (2) は 2016 年 6 月 13 日 11 時のアメダスデータに関して GMT の `nearneighbor` を使って求めたデータを基に、EM アルゴリズムと確率伝搬法を組み合わせた方法を実行したもの、3 つ目の結果データ (3) は、2016 年 6 月 13 日 11 時のアメダスデータに関して GMT の `nearneighbor` を使って求めたデータを基に、パラメータを  $\alpha = 0.0005$ 、 $\sigma = 100$  に手動で設定し、確率伝搬法を実行して得られたものである。これら 3 種類の結果データ (1)(2)(3) を正解データと比較する。方法はグリッド上の各データの差分を計算し、足し合わせて、 $128 \times 128$  で割った平均値  $d$  を算出する。つまり差分の平均値  $d$  が小さいほど正解データに近いということになる。結果データを図 7 に示す。

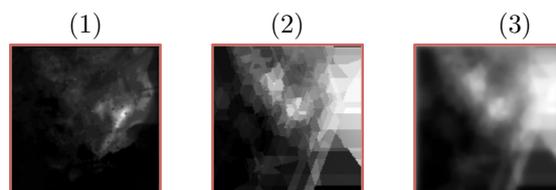


図 7: (1) 第 3.3 節で得られた結果データ、(2) 第 4.2 節で得られた結果データ、(3) 第 4.3 節で得られた結果データ。

結果データ (1) との差分の平均値  $d$  が 3.0 程度、結果データ (2) との差分の平均値  $d$  が 2.5 程度、結果データ (3) との差分の平均値  $d$  が 2.3 程度となり、結果データ (3) がより正解データに近いことが分かった。

## 6 まとめ

1 時間前の解析雨量を考慮した初期データを用いると、1 時間における降水量の変化が予想以上に大きかったため、正解データに近づけることができなかった。そこで現時刻のアメダスデータのみを用いた初期データに変更した。また、EM アルゴリズムにおいてガウスノイズを仮定して、パラメータを決定をしていたため、適切なパラメータを取得できなかったが、パラメータを手動設定に変更することで正解データに近づけることができた。

## 参考文献

- [1] 田中和之, 「確率モデルによる画像処理技術入門」, 森北出版, (2006)
- [2] 田中和之, 片山駿, 安田宗樹, 「確率的画像推論と統計的学習理論の基礎と最近の展開」, 電子情報通信学会誌 Vol.93 No.9, pp.744-748, (2010)
- [3] 渡邊基史, 「GMT の使い方」, [http://www2.kobe-u.ac.jp/~kakehi/GMT/watanabe/watanabe\\_gmt.pdf](http://www2.kobe-u.ac.jp/~kakehi/GMT/watanabe/watanabe_gmt.pdf)