

令和 4 年 5 月 26 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12057

研究課題名（和文）不連続性をともなう物理量の時空間分布推定

研究課題名（英文）Inference of spacio-temporal distribution of physical quantities with discontinuity

研究代表者

岡留 剛（Okadome, Takeshi）

関西学院大学・工学部・教授

研究者番号：20396120

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：陽があたっているところと、影のところの両者が写っている写真では、影と陽のあたるところの境界の明るさが不連続となっている。同様に、前線は、気圧配置における不連続な部分である。本研究課題では、場所により不連続に変化する物理量（気圧など）を、いくつかの地点で観測して、その観測値から、観測していない場所の物理量を推定する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気象データなど、場所によっては観測値が得られないケースは多い。そのような状況において、本研究は、観測可能な場所での観測値に基づき、観測できないが必要な箇所での量を推定することができる。とくに、気圧分布などのように、物理量が場所によっては急激に変化するものに対しても有効に働くため実用性が高い。

研究成果の概要（英文）：This study investigates how to infer the spatio-temporal distribution of physical quantities with discontinuity. It assumes that we obtain the observational data at several locations and, using the observational data, we determine the distribution of the physical quantities.

研究分野：人工知能

キーワード：不連続 物理量 分布

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

衛星によるサーモグラフィ写真や温度分布図といったある領域に渡って観測されるデータにはアクセス可能なものが多く存在する。しかし、それらのデータにはノイズが多く含まれ、また欠落値もしばしば見られる。例えば、衛星観測による温度分布には最大で3度前後の誤差があり、また、雲下の地上温度は広範囲にわたる欠落値となる。一方、特定の地点に設置された百葉箱中の温度や湿度といった高精度の少数のデータも比較的簡単に入手できる。

2. 研究の目的

本研究では、少数の高精度データと多数の低精度データから、所望の領域全体にわたる物理量分布とその時間変動の高精度な推定手法を構築する。

本研究では、学習用データは用いずに、不連続性をもつ物理量分布とその時間変動の高精度な推定を目指す。そのため、まず、少数の高精度データと多数の低精度データから、物理量が不連続となる地点をいかに精度高く推定し、空間分布全体とその時間変動をどのように推定するかが本研究の核心をなす問いとなる。また、低精度センサーは、誤差が大きいだけでなく、校正すらされていないものが多く、値に含まれる系統誤差もセンサーごとに異なる。そこで、校正を行っていない低精度センサー値に内在する系統誤差をいかに推定するか、ということも本研究の重要な問いとなる。さらに、時間変動する空間分布をより正確に推定するため、センサーで得られる物理量以外にも、地形や緯度経度、あるいは季節や時刻といった環境に付随する情報を利用する。本研究では、空間分布の推定精度を上げるために付随情報をどのように用いるかも問いの1つである。

3. 研究の方法

ベイズ推論の立場をとり、多数の低精度センサー値から分布の不連続地点をおおまかに推定しつつ、各連続領域において高精度センサー値をもとに推定した分布により、不連続地点の再推定を行なうというサイクルにより分布の推定精度を高める枠組みを提案する。そのため、

- (1) 物理量分布の不連続地点の検出、
 - (2) 例えば、地形や季節・時刻といった付随情報の事前分布の表現、
 - (3) 校正がされていない低精度センサーの系統誤差の推定、
- が主な研究項目となる。

それぞれの研究項目に対して、研究方針と期間内に明らかにすることは以下となる。まず、センサーを配置した各点と真値を表現する各時刻ごとの潜在変数を導入した確率的生成モデルを作成する。このモデルでは、低精度センサー値に含まれる系統誤差も潜在変数として表われる。その上でベイズ推論の観点から、各低精度センサー値と高精度センサー値により条件づけられた物理量の真値と系統誤差の事後確率を求める。また、ラインプロセス手法を導入したマルコフ確率場により不連続地点を推定し、連続領域におけるガウス過程回帰とを有機的に組合せて空間全体の分布を推定する。

ラインプロセスは、画像中の不連続検出としてよく用いられる。画像の場合は、近傍画素は隣接画素と定まっているのに対し、本研究が対象とする空間分布推定では、センサーの配置によ

り近傍の概念が変化する．それゆえ，距離やカーネルを導入し，ラインプロセス手法を拡張するが，そのために，どのように近傍を定義し，その近傍概念を不連続地点検出に適用するかを明らかにする．また，ガウス過程回帰の事前分布として，付随する情報をどうすれば適切に取り込めるのかを明らかにする．

さらに，データの時系列性を仮定して，時間的変動情報も利用し，空間分布の時間変動を捉えるように確率的生成モデルを拡張する．これは，基本的に領域の各点に対して各時刻に潜在変数を導入し，隠れマルコフモデルを援用することによって行なう．

より詳細には，まず，時間を固定し，各センサーが置かれた地点の物理量の真値と，分布の不連続点の検出，さらに，低精度センサーの系統誤差を推定する．これは，構築した確率モデルとデータ，それと事前分布から，各潜在変数の事後確率を求めることにより行なう．

低精度センサーと高精度センサーの個数比率や，配置密度，低精度センサーの系統誤差などの組み合わせを変えて，不連続地点や系統誤差の推定精度との関係を明らかにする．同様な解析を，隠れマルコフモデルを導入して推定した分布の時間変動に対しても行ない，それらの関係を明らかにする．

センサーで得られる物理量以外にも，地形や緯度経度，あるいは季節や時刻といった環境に付随する情報がある．本研究は，ベイズ推論の立場をとるので，これら付随情報を潜在変数や分布のパラメータの事前確率として表現することを試みる．例えば，対象領域が盆地ならば一日の寒暖の差が平均よりも大きい，といった情報を事前分布に反映させる．これは，与えられる付随情報の種類に依存した形で表現することになると思われるが，できるだけ普遍的な表現手法を明らかにする．

4. 研究成果

領域の区分的連続性の仮定のもとで，各連続領域において，衛星赤外写真で与えられる温度分布を第1金地とし，さらに，各領域ごとに数箇所設置された高精度な温度計による温度測定値を利用したガウス仮定回帰により，全域において，精度高く温度推定ができた．

この成果は，深層学習を利用しておらず，比較的少数のデータから推定可能な手法として高く評価されるものである．

今後は，より不連続性が大きい対象に対しても手法を拡張することが重要と考える．また，赤外写真にのっている熱雑音等のノイズを除去し，出発点の精度を上げることも重要と思われる．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Komuku, Y., Ishikawa, H., Ide, A., Matsuoka, T., Fukuyama, H., Okadome, T., and Gomi, F.	4. 巻 9
2. 論文標題 Predictive biomarker for progression into the sunset glow fundus of Vogt-Koyanagi-Harada disease, using adaptive binarization of fundus photographs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Translational Vision Science and Technology	6. 最初と最後の頁 10-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 高木一宏, 岡留 剛	4. 巻 J103_D
2. 論文標題 潜在変数空間ないの演算による顔画像の融合	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D	6. 最初と最後の頁 712-720
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 太田真人, 櫻井祐子, 岡留 剛, 野田五十樹	4. 巻 36
2. 論文標題 利用予定時間帯申告の導入による乗合運行台数の適正化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 人工知能学会論文誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Komuku Yuki, Ide Atsuya, Fukuyama Hisashi, Masumoto Hiroki, Tabuchi Hitoshi, Okadome Takeshi, Gomi Fumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Choroidal thickness estimation from colour fundus photographs by adaptive binarisation and deep learning, according to central serous chorioretinopathy status	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-62347-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 上井 康平、角所 考、岡留 剛、福山 尚、五味 文	4. 巻 J103-D
2. 論文標題 Enface OCTによる眼底画像中のDONFLの病変経過予測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D 情報・システム	6. 最初と最後の頁 359 ~ 362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2019JDL8006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Hnafusa, R., J. Ebara, and T. Okadome
2. 発表標題 Infinite mixtures of Gaussian process experts with latent variabls and its application to terminal location estimation from multipl-sensor values
3. 学会等名 IntelRligent Systems Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田 真人, 花房 諒, 岡留 剛
2. 発表標題 多環境における低精度センサーを用いた空間分布のベイズ推定
3. 学会等名 2019年度人工知能学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木 一宏, 岡留 剛
2. 発表標題 Deep learningによる複数人物画像のヒュージョン
3. 学会等名 2019年度情報処理学会関西支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎原 次朗, 岡留 剛
2. 発表標題 多種センサを用いたセンサネットワークにおける端末位置推定
3. 学会等名 2019年度情報処理学会関西支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武内 俊樹, 岡留 剛
2. 発表標題 物理量の時空間分布推定と時空間特異点検知
3. 学会等名 2019年度情報処理学会関西支部大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 情報劣化処理型水増しを用いた学習方法及び学習装置	発明者 岡留 剛, 井手敦也	権利者 学校法人 関西学院
産業財産権の種類、番号 特許、G P 1 9 0 5 2 4	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------