

令和 5 年 6 月 17 日現在

機関番号：32657

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19872

研究課題名（和文）未観測共通原因が存在するデータからの多変数間因果グラフ推定

研究課題名（英文）Causal discovery from data in the presence of unobserved common causes

研究代表者

前田 高志ニコラス（Takashi Nisholas, Maeda）

東京電機大学・システムデザイン工学部・准教授

研究者番号：20848361

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、未観測変数が存在する状況下での統計的因果探索手法の構築を行った。統計的因果探索とは、観測データとそのデータが生成過程に対する一定の仮定から変数間の因果関係を推定するものである。これまでの研究では、未観測変数の不在が仮定されており、限定されたデータへの応用しかできなかった。本研究において、このような仮定を取り払うことで、広範なデータに対し、統計的因果探索が行えるようになった。特に本研究では、因果関数が線形である場合と非線形である場合のどちらにも応用できる手法を提案することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの統計的因果探索は未観測変数の存在を認めない仮定をおり、応用可能なデータの範囲は限られたものであった。統計的因果探索は経済・生物・社会など、さまざまな領域においてすでに多方面での応用がなされており、すでに多くの成果が得られている。このため、未観測変数を持つデータへの応用が望まれていた。本研究では、この仮定を取り除くことができたため、これまで以上に統計的因果探索の応用範囲を広げることができた。因果とは、これまで経験したことのない介入を施した際に生じる結果であり、この推論ができる領域が増えたため、社会政策などさまざまな分野へ応用が可能である。

研究成果の概要（英文）：In this study, causal discovery methods have been developed in the presence of unobserved variables. Statistical causal discovery is the inference of causal relationships between variables based on certain assumptions about the observed data and the processes by which they are generated. Previous studies have assumed the absence of unobserved variables and could only be applied to limited types of data. In the present study, such assumptions were removed, allowing statistical causal discovery methods to be carried out for a wide range of data. In particular, this study was able to propose a method that can be applied to both cases where the causal function is linear and non-linear.

研究分野：知能情報学

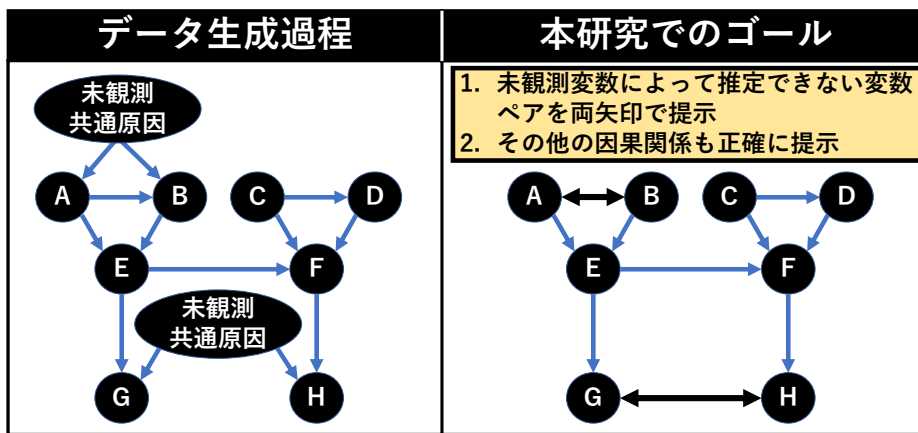
キーワード：統計的因果探索 因果推論 未観測変数

1. 研究開始当初の背景

統計的因果探索は観測データと、そのデータの生成過程に対する一定の仮定から、変数間の因果関係を推定する技術である。統計的因果探索の個々の手法にそれぞれ異なる仮定を設けている。多くの代表的な手法において、未観測変数の不存在が仮定されていた。しかし、未観測変数を含まらないようなデータは非常に限られており、既存の手法は多くの場合誤った因果関係を出力してしまうことが多かった。

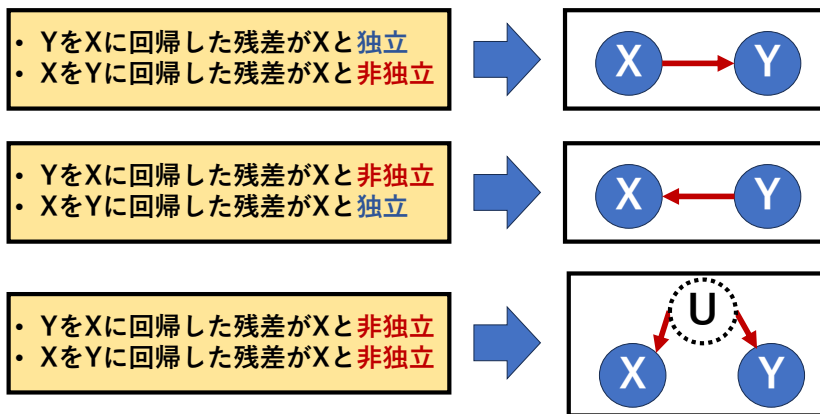
2. 研究の目的

本研究の目的は、未観測変数が存在する場合にも頑健な統計的因果探索手法を構築することである。具体的には、未観測変数の存在によってどうしても因果関係がわからない観測変数のペアを提示しつつ、そうではない観測変数のペアについてはすべて正しく因果関係を求める。



3. 研究の方法

本研究では、因果関数が線形である場合と、非線形である場合に分けて検討を行った。線形である場合には、2つの観測変数 X, Y のそれぞれに直接影響を与える未観測共通原因がある場合に、両者の間の因果関係がわからなくなる。非線形の場合においては、未観測共通原因に加えて、未観測中間変数 (X が Y の間接原因であり、X から Y への因果のパスの中で、未観測変数 U があり、それが Y に直接影響を与えるもの) があると、両者の間の因果関係がもとまらなくなる。どちらの場合においても、Y を X に回帰した残差が X と非独立であり、また、X を Y に回帰した残差が Y と非独立である。この事実を用いて、上記のような関係がもとまらない X と Y を洗い出すと同時に、そうでない変数ペアに対して、確実に因果関係を推定できるようにした。



#### 4. 研究成果

本研究では、因果関数が線形である場合と、非線形である場合の、統計的因果探索手法を構築することができた。それぞれ、トップ国際会議である AISTATS および UAI に論文が採択された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Maeda Takashi Nicholas, Shimizu Shohei	4. 巻 13
2. 論文標題 Repetitive causal discovery of linear non-Gaussian acyclic models in the presence of latent confounders	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Data Science and Analytics	6. 最初と最後の頁 77 ~ 89
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s41060-021-00282-0	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 Takashi Nicholas Maeda, Shohei Shimizu	4. 巻 108
2. 論文標題 RCD: Repetitive causal discovery of linear non-Gaussian acyclic models with latent confounders	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Twenty Third International Conference on Artificial Intelligence and Statistics	6. 最初と最後の頁 735,745
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Takashi Nicholas MAEDA, Shohei SHIMIZU
2. 発表標題 Causal additive models with unobserved variables
3. 学会等名 The 37th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Nicholas MAEDA
2. 発表標題 Causal discovery in the presence of unobserved variables
3. 学会等名 International Symposium on Causal Inference and Machine Learning (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Nicholas MAEDA
2. 発表標題 未観測共通原因が存在するときの因果グラフ推定
3. 学会等名 応用統計学会・日本計量生物学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田高志ニコラス
2. 発表標題 統計的因果探索入門
3. 学会等名 第23回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2020) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 RCD: Repetitive causal discovery of linear non-Gaussian acyclic models with latent confounders
2. 発表標題 Takashi Nicholas Maeda, Shohei Shimizu
3. 学会等名 The 23rd International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------	---------