

XAI（説明可能なAI）を用いた住民避難行動に関する要因の交互作用分析

岐阜大学大学院 学生会員 ○塚本 満朗
 岐阜大学 正会員 高木 朗義

1. はじめに

近年の豪雨災害時における人的被害の状況に対して、住民の避難行動が適切でないことが指摘されており、課題解決に向けて様々な研究が行われている。塚本・高木¹⁾は統計分析に代わる手法としてニューラルネットワーク (NN) を用いて住民避難選択行動モデルを構築し、XAI (eXplainable AI, 説明可能なAI) という技術を用いて避難場所の選択に影響を与える要因を明らかにした。避難行動に関する意思決定は様々な要因の交互作用から影響を受けると考えられるが、塚本・高木では単独の要因に対する影響を分析している。本研究では、避難の予測に対する要因の交互作用を考慮したうえで、避難の選択に影響を与える要因を明らかにすることを目的とする。

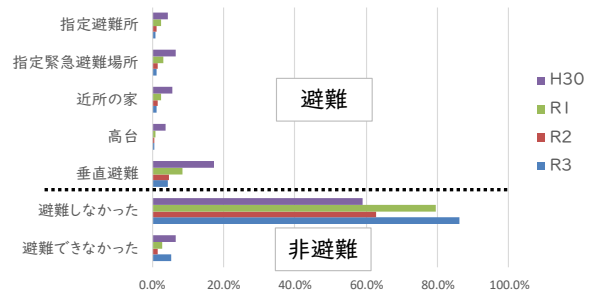


図-1 各災害で選択された避難場所

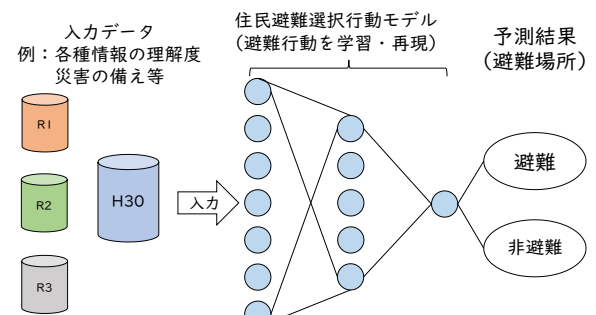


図-2.住民避難選択行動モデルの概念図

2. 分析データと住民避難選択行動モデルの概要

平成30年7月豪雨(データ数:N=1,964), 令和元年台風19号(N=4,000), 令和2年7月豪雨(N=739), 令和3年8月豪雨(N=2,000)の4つの災害時における住民避難行動アンケートの調査データを用いる。各災害で選択された避難場所を図-1に示す。

アンケート調査の設問には、避難場所を問う項目があり、指定避難所や高台、避難しなかったなどの6,7種類の選択肢が存在する。本研究では、これらを避難と非避難の2分類にしてNNモデルを構築した(図-2)。このNNモデルである住民避難選択行動モデルは、アンケート調査によって得られた避難情報の理解度や災害への備え等の質問項目に対する回答データを入力すると、回答者が避難したか否かを予測するものである。各災害における避難/非避難の予測精度を表-1に示す。すべての災害において非避難の割合が高いため、避難の予測精度より非避難の予測精度が高いモデルとなっていることがわかる。

表-1.NN モデルにおける避難/非避難の予測精度 (%)

	H30	R1	R2	R3
避難	40.9	38.6	23.5	16.7
非避難	85.7	95.9	99.5	98.7

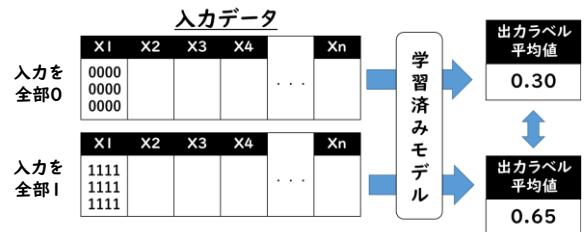


図-3.PD 分析の概念図

3. PD (Partial Dependence) 分析

XAIの一手法であるPD (Partial Dependence)²⁾分

析(図-3)を採用する。PD分析とは、対象とするアンケート調査の項目が避難と非避難のどちらに影響を与えるのかを明らかにする手法である。本分析では、第一段階として、アンケート調査の全回答を0,1のダミー変数に変換し、それらをすべて0に置き換える操作とすべて1に置き換える操作を行った際の予測が、元データを用いた予測と比べて避難と非避難のどちらを予測しやすいかを比較する。第二段階では、すべてのデータを1に置換して予測した結果、避難が増えた場合、その項目は避難に影響を与える要因であると判断し、逆に非避難の予測結果が増えた場合、その項目は非避難に影響を与える要

困であると判断する。

4. 避難の選択に影響を与える要因と交互作用

交互作用との比較のために、先に表-2に1つの項目を対象としたPD分析の結果において、最も影響が大きかった順に3項目を示す。H30とR1では、「自分の地域に避難情報が発令されていたか知らなかった」が共通して避難に影響を与えており、直感に反する結果であるが、この解釈については今後の課題である。すべての災害で、「今回の災害時における自宅への被害」や「過去に非案を行った経験がある」などの過去の被災経験に関する項目が、避難の予測に影響を与える結果となった。

表-3に2つの項目を対象としたPD分析の結果のうち、それぞれの災害において避難の予測に与える影響が最も大きかった順に、3組の組み合わせを示す。H30では、交互作用を考慮しない場合にも避難の予測に与える影響が大きい要因であった「避難情報を近所や地域の方の訪問で取得した」がすべての組み合わせに含まれている。R1では、交互作用を考慮しない場合にも避難の予測に与える影響が大きい要因であった「自身の地域に避難情報が発令されていたか知らなかった」と「過去に避難を行った経験がある」の組み合わせが最も影響を与えている。R2では、交互作用を考慮しない場合にも避難の予測に与える影響が大きい要因であった「自宅と一番近い堤防との標高の関係は分からない」が含まれている。R2の交互作用を考慮した分析結果は、他の災害と比較して、交互作用を考慮しなかった場合に影響が大きかった要因が少ない。R3では、交互作用を考慮しない場合にも避難の予測に与える影響が大きい要因であった「過去に避難を行った経験がある」がすべての組み合わせに含まれている。

以上のことから、交互作用を考慮した場合と考慮しなかった場合の影響要因は、多少の差があるものの、大きな差はないことが明らかとなった。

5. おわりに

本研究では、避難に影響を与える要因の組み合わせにおける交互作用を考慮したうえで、避難の選択に影響を与える要因を明らかにした。交互作用を考慮した場合と考慮しなかった場合の影響要因は、多

表-2 1つの項目を対象としたPD分析の結果

災害	項目
H30	自身の地域に避難情報が発令されていたか知らなかった
	避難情報を近所や地域の方の訪問から取得した
	今回の災害時に、自宅が浸水によって全壊・大規模半壊した
R1	自身の地域に避難情報は発令されていなかった
	自身の地域に避難情報が発令されていたか知らなかった
	過去に避難を行った経験がある
R2	今回の災害時に、自宅が土砂災害によって半壊した
	自宅の標高と一番近い堤防との標高の関係は分からない
	自宅は1戸建て(平屋)である
R3	過去に避難を行った経験がある
	避難情報を警察、消防、消防団の訪問で取得した
	今回の災害前に、自宅が風水害で被害を受ける危険性は高いと考えていた

表-3 2つの項目を対象としたPD分析の結果

災害	項目1	項目2
H30	今回の災害時に、自宅が土砂災害によって半壊した	避難情報を近所や地域の方の訪問で取得した
	今回の災害時に、自宅が浸水によって半壊した	避難情報を近所や地域の方の訪問で取得した
	避難情報を近所や地域の方の訪問で取得した	災害に対する備え-その他
R1	自身の地域に避難情報は発令されていなかった	自身の地域に避難情報が発令されていたか知らなかった
	自身の地域に避難情報が発令されていたか知らない	過去に避難を行った経験がある
	自身の地域に避難情報は発令されていなかった	過去に避難を行った経験がある
R2	災害前に自宅が土砂災害の被害を受けた	災害前に原子力発電所の被災で脅威を感じた
	災害前に自宅が土砂災害の被害を受けた	自宅と一番近い堤防の標高の関係は分からない
	災害前に自宅が豪雨による浸水被害を受けた	災害前に自宅が土砂災害の被害を受けた
R3	災害前に自宅が豪雨による浸水被害を受けた	過去に避難を行った経験がある
	今回の災害時に、自宅が浸水によって半壊した	過去に避難を行った経験がある
	災害前に、自宅が風水害被害を受ける可能性は高いと考えていた	過去に避難を行った経験がある

少の差はあるものの、大きな差がないことが明らかとなった。要因が組み合わさることで生じる交互作用効果は、ある程度避難に影響を与えるものの、影響の大部分は要因の主効果の和によって表現されている可能性が示唆された。本研究ではニューラルネットワークという多くのサンプルを必要とする機械学習手法に対して、十分でないサンプルサイズによる分析を行うこととなったため、現状のサンプル数に見合った分析手法の選定が課題である。

参考文献

- 1) 塚本満朗, 高木朗義: 説明可能な機械学習モデルを用いた豪雨時における住民避難選択行動の要因分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.77, No.5, pp.I_181-I_191, 2022.
- 2) Scikit-learn, "4.1. Partial Dependence and Individual Conditional Expectation plots", scikit-learn Machine Learning in Python, https://scikit-learn.org/stable/modules/partial_dependence.html, 2023年1月26日アクセス.