

深層学習を用いた土砂災害発生雨量の予測に関する研究

立命館大学理工学研究科 ○高尾宗志 立命館大学理工学部 藤本将光、里深好文

1.はじめに

近年、我が国では数時間にわたり数百 mm という大量の雨が狭い範囲で降る集中豪雨が多発しており、降雨による土砂災害発生の危険性が高まっている。全国の 1 時間あたりの降水量が 50 mm 以上となる回数は年々上昇傾向にあり、今後も増加していくと考えられる。事前に土砂災害の発生を予測することが可能となれば、住民を避難させるまでのリードタイムを確保でき、土砂災害被害を最小限にすることが可能である。そこで本研究は、雨量と土砂災害の関係を明らかにするべく京都府の災害発生時の雨量データを基に短時間でデータの解析を行う事が可能である深層学習を用いて解析を行った。

2.解析方法

本研究は Sony の AI 開発ツール Neural Network Console を用いて解析を行った。使用するデータは京都府の災害データ 19 件、気象庁開示の 2022 年 6 月 1 日～2022 年 10 月 31 日の京都市の雨量データである(表-1)。雨量データは災害が発生した時刻までのデータを使用する。解析の精度を向上させるため入力値(雨量)を 0～1 の範囲にする正規化を行う。出力値は災害が発生した場合を 1、災害が発生しなかった場合を 0 とする。1 時間雨量、3 時間雨量、10 時間雨量から土砂災害発生の確率を予測した。解析した結果、実際に土砂災害が発生した事例において土砂災害発生予測確率が高まる事を目標とした。

表-1 京都府の災害データ

年号	日時	場所	災害発生日時
1972年	7月12日5:00~7月12日19:00	清水寺	7月12日19:00
1990年	9月12日15:00~9月18日13:00	福知山市	9月18日13:00
1997年	8月4日19:00~8月5日11:00	京都市右京区	8月5日11:00
1998年	9月21日8:00~9月22日15:00	福知山市	9月22日15:00
1999年	6月26日20:00~6月27日9:00	清水寺	6月27日9:00
1999年	6月26日20:00~6月29日23:00	福知山市	6月29日23:00
2002年	9月6日22:00~9月7日5:00	伊根町	9月7日5:00
2004年	10月19日3:00~10月20日18:00	福知山市	10月20日18:00
2010年	7月11日4:00~7月13日19:00	亀岡市	7月13日19:00
2012年	7月11日13:00~7月15日4:00	亀岡市	7月15日4:00
2012年	8月13日7:00~8月14日5:00	宇治市	8月14日5:00
2013年	9月15日2:00~9月16日7:00	清水寺	9月16日7:00
2014年	8月8日13:00~8月10日12:00	亀岡市	8月10日12:00
2014年	8月2日5:00~8月17日1:00	福知山市	8月17日1:00
2014年	9月4日18:00~9月5日3:00	綾部市	9月5日3:00
2017年	9月16日8:00~9月17日22:00	伊根町	9月17日22:00
2017年	10月18日23:00~10月22日23:00	舞鶴市	10月22日23:00
2018年	7月3日14:00~7月7日00:00	舞鶴市	7月7日00:00
2021年	8月12日00:00~8月14日10:00	清水寺	8月14日10:00

3.実験結果と考察

表-2 1 時間 3 時間 10 時間雨量から土砂災害を予測した結果

災害発生時刻	災害発生前の雨量(mm/h)									災害発生時 雨量(mm/h)	土砂災害発生の確率予測(%)		
	9時間前	8時間前	7時間前	6時間前	5時間前	4時間前	3時間前	2時間前	1時間前		1時間雨量	3時間雨量	10時間雨量
1972年7月12日 19:00	12.5	19	10	2.5	1.5	3	10.5	17.5	22.5	22.5	0.2%	0.4%	11.8%
1990年9月18日 13:00	5	21	5	6	6	12	15	13	9	70	38.4%	29.9%	98.4%
1997年8月5日 11:00	0	0	0	0	0	1	1	23	39	68	31.8%	61.3%	94.9%
1998年9月22日 15:00	0	0	0	1	8	6	13	11	22	61	13.1%	19.2%	75.4%
1999年6月27日 9:00	1	1	0.5	0	6	9	13	8.5	28.5	47	1.5%	5.2%	20.5%
1999年6月29日 23:00	7	5	2	6	6	5	15	8	28	64	19.9%	28.2%	92.1%
2002年9月7日 5:00	0	0	1	3	0	3	5	28	50	69	35.0%	61.5%	85.9%
2004年10月20日 18:00	4	13	12	12	22	47	62	81	62	62	15.2%	68.4%	59.6%
2010年7月13日 19:00	0	0	0	0	0	0	1	4	57	106	89.8%	72.4%	100.0%
2012年7月15日 4:00	6	0	0	0	0	0	5	23	66	129	93.1%	75.3%	100.0%
2012年8月14日 5:00	10	14	18	70	55	28	33	39	81	137	93.6%	75.7%	97.7%
2013年9月16日 7:00	15	19	31.5	26.5	17.5	21.5	12.5	6	6.5	9.5	0.2%	0.0%	19.3%
2014年8月10日 12:00	16	8	1	0	7	7	25	22	48	75	54.3%	64.3%	92.8%
2014年8月17日 1:00	14	8	36	51	50	33	19	38	76	110	90.8%	74.5%	92.8%
2014年9月5日 3:00	0	0	0	0	0	0	3	54	125	151	94.1%	75.4%	100.0%
2017年10月22日 23:00	11	15	16	23	31	28	46	49	46	37	0.5%	22.0%	51.9%
2017年9月17日 22:00	0	0	0	0	1	11	10	34	45	99	87.4%	72.5%	99.8%
2018年7月7日 0:00	5	7	28	29	27	13	26	51	34	87	78.4%	71.7%	84.2%
2021年8月14日 10:00	3	3	3	1	1	3	26	48.5	5	0.5	0.1%	0.1%	7.1%

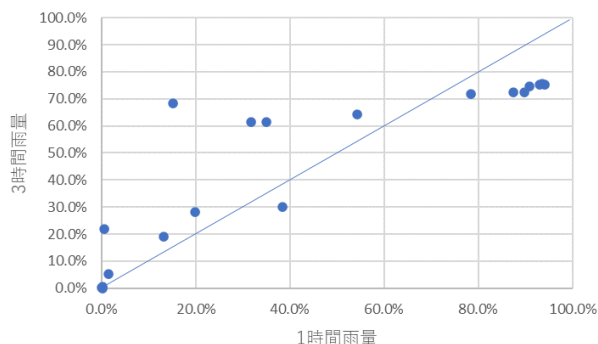


図-1 1時間と3時間確率予測の関係

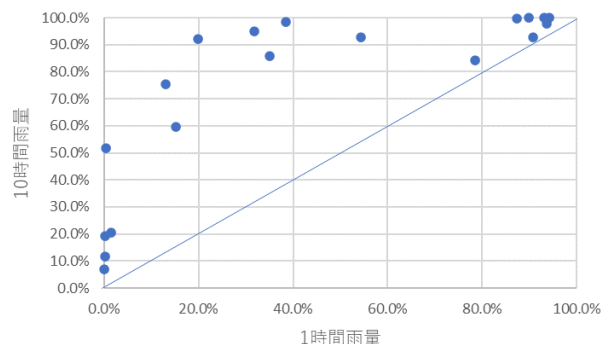


図-2 1時間と10時間確率予測の関係

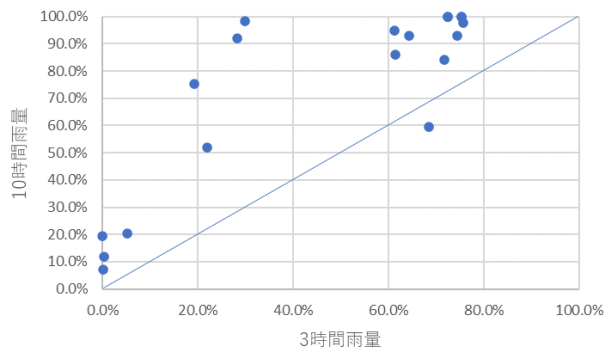


図-3 3時間と10時間確率予測の関係

表-2 に 1 時間、3 時間、10 時間雨量から土砂災害発生確率予測の結果を示す。50%以上で土砂災害を予測できたと判断すると、1 時間雨量の場合は 8 件、3 時間雨量の場合は 11 件、10 時間雨量の場合は 15 件であった。1 時間雨量と 3 時間雨量の土砂災害発生確率予測結果の関係から、土砂災害発生確率予測値が 70%以上の事例は 1 時間雨量の方が 3 時間雨量より確率予測値が高かった(図-1)。しかし、土砂災害

発生確率予測値が 70%以下の事例は 3 時間雨量の方が 1 時間雨量より確率予測値が高かった。1 時間雨量と 10 時間雨量の土砂災害発生確率予測結果の関係から全ての事例で 10 時間雨量の方が 1 時間雨量と比べて、確率予測値が高かった(図-2)。また、3 時間雨量と 10 時間雨量の土砂災害発生確率予測結果の関係から 2004 年 10 月 20 日の事例以外は、10 時間雨量の方が 3 時間雨量と比べて、確率予測値が高かった(図-3)。

1 時間雨量における災害の発生予測では、1 時間の降雨強度が高いほど災害発生確率の予測値が高い傾向を示した。1 時間雨量の場合、短時間の降雨ピークの集中豪雨によって発生する土砂災害は予測することができたが、降雨ピークが数時間以上の時間幅を持つ雨量による土砂災害は予測できず見逃したと考える。3 時間雨量における災害の発生予測では 1 時間雨量の場合と比べ、1997 年 8 月 5 日、2002 年 9 月 7 日、2014 年 10 月 20 日の災害発生確率予測値が大きく増加し、降雨強度が 3 時間程度継続する集中豪雨型の土砂災害も予測することが可能となった。10 時間雨量では降雨ピークが短時間の集中豪雨だけでなく、降雨ピークの継続時間が長い雨量による土砂災害も予測することができた。また、予測確率が 50%を下回った 4 件は全て清水寺で発生した災害事例であり、災害発生時の時間雨量が他の災害発生時の時間雨量より少ないため土砂災害発生確率が高くならなかったと考えられる。例えば、2013 年 9 月 15 日の場合は最大雨量を記録してから 7 時間後、2021 年 8 月 4 日の場合は 2 時間後に土砂災害が発生したため土砂災害の確率予測の値が低くなったと考えられる。そのため、清水寺で発生した土砂災害は雨量以外に土砂災害を発生させる誘因である境内の地下水位の上昇や湧水の影響を大きく受けている可能性があることが示唆された。

4.おわりに

本研究は 1 時間雨量、3 時間雨量、10 時間雨量を対象とし、解析の降雨時間を長くしていくと土砂災害発生確率予測の値は大きくなった。しかし、本研究で使用したデータは災害発生事例が 19 件とディープラーニングを行う上で、十分なデータ量を含んでいないと言えない。そのため、災害が発生した事例を増やすことが解析の精度と信頼性を上げるために必要であると考えられる。