2版

様　式　C－19、F－19－1、Z－19　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６年　６月１７日現在

機関番号：１５５０１

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：２１Ｋ０４２７５

研究課題名（和文）自己組織化マップを用いた前線系気象場と台風系気象場の分類と防災情報提供への応用

研究課題名（英文）Classification of Frontal and Typhoon Weather Fields Using Self-Organizing Maps and Its Application to Disaster Prevention Information Provision

研究代表者

朝位　孝二（Asai, Koji）

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：７０２０２５７０

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）：本研究はSOMを用いて気象場と豪雨の特性を明らかにすることを目的とする．また数値予報の結果を用いて過去の豪災害をもたらした気象場との類似性から住民に注意を促すシステムを構築することを目的とする．
熊本県人吉地方の令和2年7月豪雨と昭和40年7月豪雨を比較すると豪雨が最も激しかった時間帯はどちらも同じ気象パターンであった．東シナ海領域を対象に豪雨の発生時間帯の傾向を分析し，早朝を中心とした午前に豪雨発生頻度が高くなることが分かった．九州の一級河川流域について豪雨リスクの高い気象場を明らかにした．数値予報のデータを自動入手し，3日先までの豪雨リスクを自動的に表示するシステムを構築した．

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究では豪雨になる前に住民避難を促進するシステムの開発を主目的としている．これまで類似の気象場の判断は人の感覚によるものであったが，SOMを用いることで客観的に類似気象場を判断することが可能となった．これを応用して住民に危機感を与え避難行動のスイッチを入れるシステムを開発した．具体的な社会実装が行われれば，豪雨災害の犠牲者を減少させることができ防災に大きく寄与するものと考えられ，社会的意義は大きい．

研究成果の概要（英文）：This study aims to classify past weather patterns using SOM and to elucidate the characteristics of weather patterns and heavy rain. Additionally, it seeks to develop a system that alerts residents by identifying similarities between numerical weather prediction results and the weather patterns associated with past severe rain disasters.
Comparing the heavy rainfall in Hitoyoshi, Kumamoto Prefecture in July 2020 with that in July 1965, it was found that the most intense rainfall periods in both events occurred under the same weather pattern. By analyzing the trends in the occurrence times of heavy rainfall in the East China Sea region, it was determined that the frequency of heavy rainfall is higher in the morning. The study identified weather patterns with high heavy rain risk for the basins of major rivers in Kyushu. A system was developed to automatically acquire numerical weather prediction data and display the heavy rain risk for the next 84 hours automatically.

研究分野：水工学

キーワード：自己組織化マップ　豪雨災害　気象場分類　梅雨前線　台風　診断モデル

※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

近年，梅雨前線や台風による豪雨の頻度や強度が増している．豪雨は河川氾濫，斜面崩壊，土石流など人命や資産に多大な影響を及ぼす災害を引き起こす．また台風による強風は家屋や電柱などの倒壊，高潮災害を引き起こす．地球温暖化に起因される気候変動により，これらの脅威は益々深刻化しているのが現状である．このような気象災害から貴重な生命や財産を護るために，例えば河川改修，ダム堤体の嵩上げ，防波堤の築造などのハード的対策が実施されている．更にソフト的対策として防災意識を高め避難行動を促進させる目的で各種ハザードマップの整備・住民配布が行われている．しかし避難行動においては，実際に行政から避難情報（避難勧告など）が発表されても，具体的な避難行動を起こさない住民も多くいることが実情で，速やかな住民の避難実施は防災行政の大きな課題の一つとなっている．ハザードマップが住民の防災意識を向上させているかアンケート調査を実施した．その研究結果の一つとして防災行動の実施と災害に対する危機感に相関があることが分かっている（朝位ら 2011)．住民避難を促進するためには従来の気象情報や河川水位，潮位などの情報提供に加えて．危機感を喚起する防災情報の提供の工夫が非常に重要であるとの認識に至っている．

危機感を喚起する有効な方法の一つとして，現在迫っているハザードが過去に災害を引き起こしたハザードと類似していることを伝えることが考えられる．例えば「今夜から明日未明にかけての気象状況は○○年に△△で豪雨災害を引き起こした気象状況と酷似している．」のように過去に実際に発生した災害事例を含めて防災情報として提供することである．住民にはより危険なハザードとして認識され，迅速な避難行動を促すことが期待される．

朝位孝二・古賀将太・榊原弘之：洪水経験のある住民のハザードマップ配布前後の防災意識構造の比較，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.67，No.2，pp. 30-40 ，査読有，2011.

２．研究の目的

本研究は SOM を用いて過去の多数の気象場を分類し，気象場と豪雨の特性を明らかにすることである．さらにそれを利用して MSM や GSM などの数値予報の結果を用いて過去の豪災害をもたらした気象場との類似性から住民に注意を促すシステムを構築することを目的とする．

３．研究の方法

データセットとして気象場は NCEP/NCAR もしくは JRA55 を用いる．降水場は気象庁の再解析雨量を用いた．これらのデータセットから SOM の学習データを作成し，SOM を構築する．また，再解析雨量から降水場を結合する．

４．研究成果

主要な研究成果は以下の通りである．

(1)南九州で発生した豪雨災害の気象場分類

本研究では緯度経度 2.5 度間隔の NCEP/NCAR 再解析データから 1954 年から 2020 年までの 67 年間で前線系の降雨が活発となる 6 月 1 日から 9 月 30 日までのデータを用いた．気象場データは 6 時間間隔（1 日 4 回）である．SOM の学習データ個数は 32,696 個となる．本研究では球磨川の氾濫を引き起こした 1954 年（昭和 29 年）9 月の台風 12 号の豪雨事例を含むようにした．南西端の緯度経度が 35 度，127.5 度，南東端の緯度経度が 27.5 度，135 度，北東端の緯度経度が 35 度，135 度，北西端の緯度経度が 35 度，127.5 度に設定し，その内側を緯度経度とも 2.5 度間隔で格子点を形成した．全格子点数は 16 個である．各格子点上に 850hPa の高度における東西・南北方向風速と可降水量を与えて気象場を表す．一つの気象場は（16 格子点×3 気象要素＝）48 個のデータで表される．ここでは 48 次元のデータと呼ぶ．48 次元のデータが 32,696 個あり，それを SOM で分類した．種々の検討によりマップサイズはユニット数 900 個とした．また近接するユニットが集まってグループを形成するがグループ数も種々の検討により 50 個とした．32,696 個ある気象場はいずれかのユニットに分類されることになる（図-1 参照)．

分類された気象場がどの程度の豪雨を引き起こす可能性があるのか SOM と解析雨量を結合させた．南九州地方を含む領域（北緯 31 度～33 度，東経 128 度～132 度）を雨量抽出の対象領域とする．2006 年から 2020 年までの解析雨量を使用した．解析雨量は 1 平方 km のメッシュ上に降雨強度が納められているが，あるユニットに分類されたすべての気象場においてその年月日時刻に対応する解析雨量で 50mm/h 以上の降雨強度のメッシュ数をカウントする．それをこのユニットの豪雨を代表するものとした．

作成した SOM を用いて南九州で豪雨災害を引き起こした事例を分析すると，梅雨前線系豪雨災害の事例と台風性豪雨災害の事例は SOM 上で異なる場所に分類されていることが分かった．また球磨川水系における災害事例と鹿児島県における災害事例は近いグループに属しているが異なるグループであることが分かった．

令和 2 年 7 月球磨川洪水および昭和 40 年 7 月球磨川洪水を引き起こした気象パターンは 30 mm/h および 50mm/h 以上の豪雨頻度が最大となるユニットとグループであることが分かった．また，SOM 上で時系列的に令和 2 年 7 月球磨川洪水および昭和 40 年 7 月球磨川洪水の挙動を追跡した結果，いずれも異なる挙動を示したが最も豪雨が激しい時間帯では同じユニットに属していることが分かった．昭和 40 年 7 月球磨川洪水の方が豪雨リスクが長く続いていたことも明らかになった．

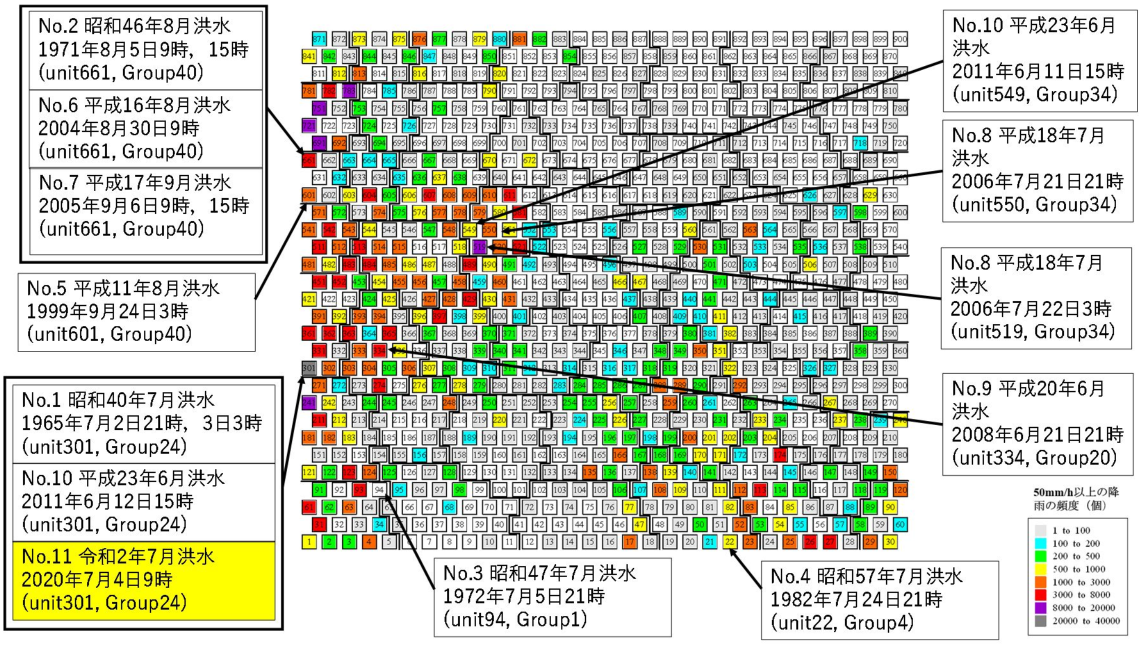


図-1　構築した SOM と球磨川流域で水害を発生させた豪雨の対応

(2)九州地方における豪雨の発生時間帯の傾向分析とその気象場分類

令和 2 年 7 月球磨川洪水は午前 3 時頃に球磨川流域で豪雨が発生し，未明から早朝にかけて大水害となった．このように深夜から早朝にかけて深刻な水害となった事例は多い．本研究では SOM を用いて気象場を分類し，豪雨の発生時間帯の傾向を分析した．気象場を表すための格子点は緯度 27.5 度～37.5 度，経度 125 度～135 度の範囲で 2.5 度間隔の NCEP/NCAR 再解析データを用いた．格子点数は 25 個で気象要素は前述の(1)と同様，850hPa の高度における東西・南北方向風速と可降水量である．75 次元データとなる．1979 年から 2020 年までの 42 年間の暖候期 6～9 月を対象に 20496 個の SOM の学習データを作成した．解析雨量と SOM を結合させるが解析雨量の抽出範囲は九州全域を取り囲むように設定した．種々の検討からマップサイズはユニット数 713，グループ数 40 とした．

SOM と解析雨量による豪雨発生時刻を解析した結果次のことが明らかとなった．豪雨を引き起こす気象場は暖湿気流と前線に特徴づけられることが分かった．特に南東方向から大量の水蒸気が運ばれるパターンは 50mm/h 以上の豪雨頻度が最も大きいことが分かった．風は大量の暖湿気流と前線を反映した気象場で，早朝を中心とした午前に豪雨発生確率と豪雨発生頻度が高くなる傾向が認められた．次に，その気象場に着目して，災害発生に繋がる最大級の豪雨域の規模と時間雨量に対する時間帯依存性を調べた．その結果，最大級の豪雨域の規模は，午前と午後後半（18～23 時台）に広く，午後前半（12～17 時台）に狭くなる傾向を示した．一方，最大級の時間雨量で見ると，その時間帯依存性は弱くなるが，約 8 割の豪雨イベントで，時間帯に関係なく，防災上警戒を要する 80mm/h 以上の猛烈な雨量を示した．さらに，最大級の豪雨域の規模と時間雨量は豪雨災害事例と密接に関連することがわかった．

(3)九州地方の流域毎の気象場と降雨の関連性分析

これまでの研究では南九州や九州全域を対象として豪雨災害と気象場の関係について SOM を用いて検討してきた．実際の豪雨災害は河川氾濫であるため，解析対象範囲を流域に着目した．具体的には解析雨量の抽出範囲を九州の一級河川（筑後川，六角川，大野川，白川，球磨川，川内川，大淀川）流域とした．SOM については再解析データとして緯度経度 1.25 度間隔の JRA55 を用いた．気象場を表現するための格子点は緯度 30 度～37.5 度，経度 127.5 度～135 度の範囲で 1.25 度間隔に格子点を設定した．49 地点で 850hPa における東西方向の風速，南北方向の風速および可降水量の 3 要素を用いる．1958 年から 2020 年までの 63 年間で前線系の降雨が活発となる 6 月 1 日から 9 月 30 日までのデータを用いた．気象場データは 6 時間間隔である．データ個数は 30,744 個となる．マップサイズは種々の検討の結果，横方向に 28 ユニット，縦方向に 32 ユニット，ユニット数は 896 個，グループ数は 50 個とした．構築した SOM を図-2 に示す．

SOMを用いた解析の結果，各流域において，豪雨リスクの高い気象場が明らかとなった．また．それらは各流域で異なっている（表-1 参照）．流域毎により細かく豪雨リスクのある気象場の分類が可能となった．また北部西側にある流域（筑後川，六角川，白川）では前線系の豪雨が優位であった．九州南部西側にある流域（球磨川，川内川）は前線系の豪雨に加えて台風性の豪雨も優位であった．東側の流域（大野川，大淀川）は台風性の豪雨が優位であることが明らかとなった．

2021 年 8 月 14 日の六角川の氾濫を引き越した豪雨を対象として GSM による 48 時間先までの予測気象場がどのユニットに分類されるのかを検討した．これを診断モデルと呼ぶ．その結果，六角川を含めて西側流域はすべて豪雨リスクが高いことが分かった．実際の避難行動支援では SOM による気象場診断と MSM などの降雨予測と併用して行うことが有効的と考えられる．

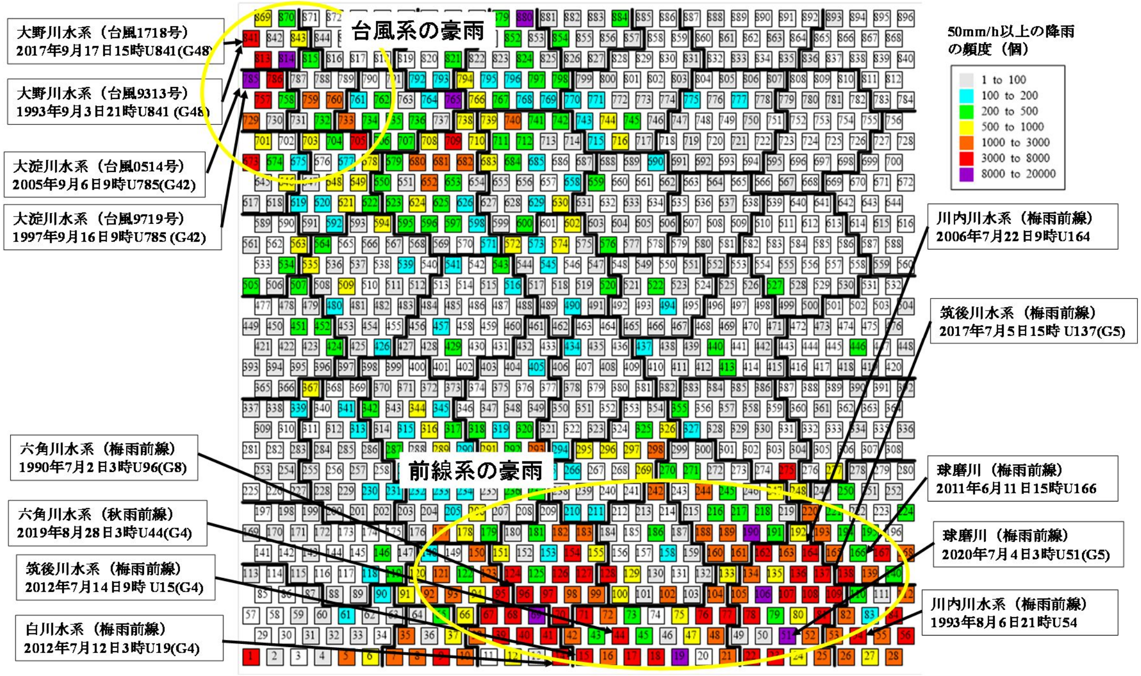


図-2　構築した SOM と代表的豪雨災害の事例

表-1　各流域で豪雨リスクが最も高いユニット（括弧内はグループ）

	豪雨リスクが最も高いユニット		
	30mm/h以上	50mm/h以上	100mm/h以上
九州全域	U69(G3)	U765(G40)	U880(G45)
筑後川流域	U15(G4)	U15(G4)	U137(G5)
六角川流域	U44(G4)	U44(G4)	U44(G4)
大野川流域	U785(G42)	U813(G48)	U19(G4)
白川流域	U19(G4)	U19(G4)	U154(G8)
球磨川流域	U51(G5)	U51(G5)	U51(G5)
大淀川流域	U814(G48)	U880(G45)	U69(G3)
川内川流域	U69(G3)	U69(G3)	U69(G3)

(4) 日本に上陸した台風の SOM による分類

豪雨災害は前線のみならず台風によっても発生する．前述の(1)～(3)は前線による豪災害を主として SOM を構築しているが，気象場には台風も含まれている．台風は豪雨の他に強風による災害や，高潮も発生させる．特に高潮は台風経路が重要となってくる．本研究では台風の発生が多い海域と西～東日本を含む範囲を対象に，気象場パターンの分類と，台風の気象場パターンと経路との関連性について分析することを目的とする．

用いた再解析データは JRA55 である．気象場を表現するための格子点は緯度 5 度～37.5 度，経度 120 度～145 度の範囲で 1.25 度間隔に格子点を設定した．567 地点で地表面における東西方向の風速，南北方向の風速および地表面における気圧の 3 要素を用いる．1958 年から 2020 年までの 63 年間で台風の発生が活発となる 7 月 1 日から 10 月 31 日までのデータを用いた．データ個数は 30,996 個となる．マップサイズはユニット数 896 個，グループ数 50 個である．1958 年から 2020 までの日本に上陸した台風について SOM を用いて分類した．

SOM の分析期間（1958～2020 年，7～10 月）に日本に上陸したすべての台風（176 個）について，上陸時に最も近い時刻のユニット・グループを調べた結果グループ 13 のユニット 281 が最も多いことが分かった．個数は 18 個である．次に多いのが，グループ 49 のユニット 894 であった．個数は 15 個である．グループにおいては，最も多いのがグループ 49 の 59 個で，2 番目に多いのがグループ 13 の 29 個であった．この 2 つのグループに分類された台風の個数を合わせると 88 個となり，これは対象とした台風の半数が分類されることになる．

ユニット 281 に分類された事例とし 1959 年 9 月 26 日の伊勢湾台風が挙げられる．またユニット 894 に分類された事例として瀬戸内海で高潮災害が発生した 2004 年の台風 0416 号が挙げられる．また 1999 年に八代海や瀬戸内海で甚大な高潮災害を引き起こした台風 9918 号はグループ 49 のユニット 838 に分類された．グル－プ 13 は東日本，グループ 49 は九州を通過する台風となっている．

日本に上陸した台風場を SOM で分類した．GCM を用いて診断することにより過去の上陸した台風との類似性を指摘することが可能であり，住民避難に資することが可能である．

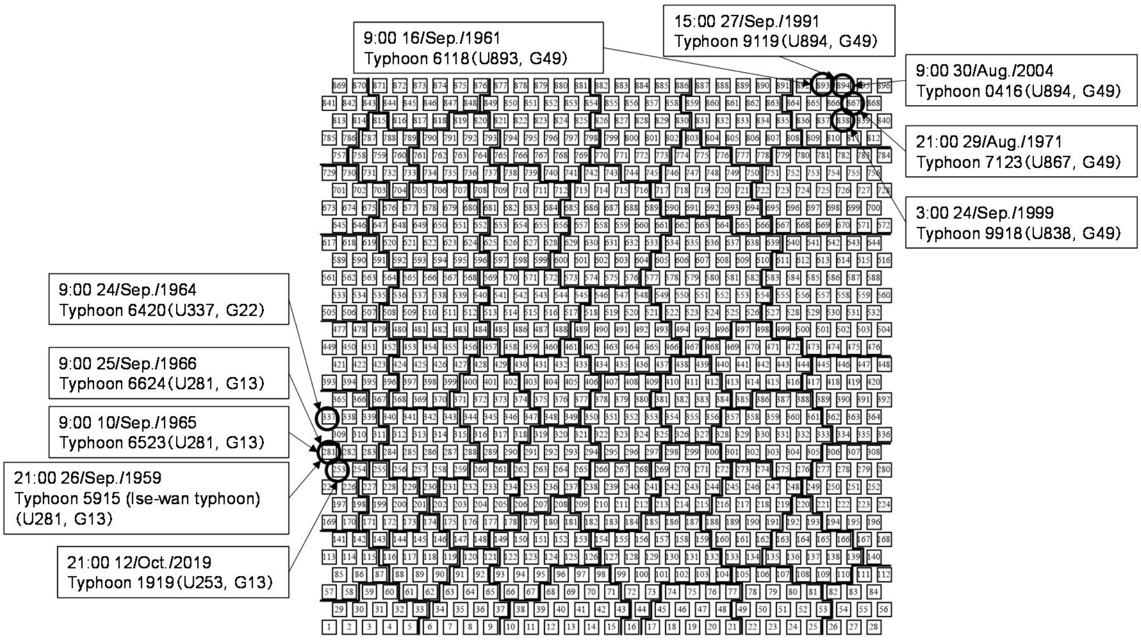
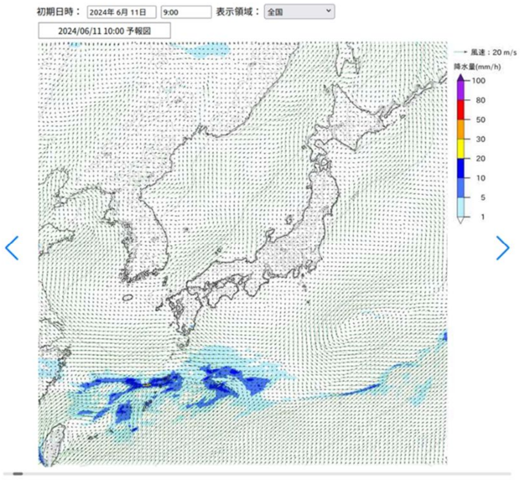


図-3　構築した SOM と代表的台風の事例

(5) 豪雨診断のためのシステム構築

本研究では自動的に診断モデルを実行するシステムを開発した．これは 10 分間隔で京都大学生存圏研究所の GSM，MSM のファイルサーバーにアクセスし，最新のファイルがあれば自動的にそれをダウンロードし，構築した SOM のどのユニットに予測気象場が対応するが自動的に計算し表示するものである．本システムでは MSM，GSM の結果を可視化する機能も設けており，雨域の挙動と診断結果を参考にできる．表示内容の一部を図-4 に示す．なお，システム表示にはまだ改良の余地があり（例えば SOM の診断結果が表になっているなど），今後継続的に改良を続ける予定である．



初期日時：2024年 6月 11日　9:00

FT	YEAR	MONTH	DAY	HOUR	GROUP	BMU	BMU2_1	BMU2_2	BMU2_3	BMU2_4	BMU2_5	BMU2_6
0	2024	6	11	9	24	416	387	388	415	417	443	444
3	2024	6	11	12	24	416	387	388	415	417	443	444
6	2024	6	11	15	39	719	691	692	718	720	747	748
9	2024	6	11	18	39	691	662	663	690	692	718	719
12	2024	6	11	21	39	691	662	663	690	692	718	719
15	2024	6	12	0	39	718	690	691	717	719	746	747
18	2024	6	12	3	32	688	659	660	687	689	715	716
21	2024	6	12	6	41	717	689	690	716	718	745	746
24	2024	6	12	9	41	717	689	690	716	718	745	746
27	2024	6	12	12	41	717	689	690	716	718	745	746
30	2024	6	12	15	32	688	659	660	687	689	715	716
33	2024	6	12	18	31	687	658	659	686	688	714	715
36	2024	6	12	21	31	687	658	659	686	688	714	715
39	2024	6	13	0	18	334	306	307	333	335	362	363
42	2024	6	13	3	18	362	333	334	361	363	389	390
45	2024	6	13	6	24	416	387	388	415	417	443	444
48	2024	6	13	9	25	415	386	387	414	416	442	443
51	2024	6	13	12	24	416	387	388	415	417	443	444
54	2024	6	13	15	33	664	636	637	663	665	692	693
57	2024	6	13	18	33	664	636	637	663	665	692	693
60	2024	6	13	21	33	636	607	608	635	637	663	664
63	2024	6	14	0	33	636	607	608	635	637	663	664
66	2024	6	14	3	33	635	606	607	634	636	662	663
69	2024	6	14	6	32	662	634	635	661	663	690	691
72	2024	6	14	9	32	661	633	634	660	662	689	690
75	2024	6	14	12	32	661	633	634	660	662	689	690
78	2024	6	14	15	32	660	632	633	659	661	688	689
81	2024	6	14	18	32	660	632	633	659	661	688	689
84	2024	6	14	21	32	632	603	604	631	633	659	660

図-4　豪雨診断システム

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計7件（うち査読付論文　5件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　4件）

１．著者名 Koji Asai, Koji Nishiyama, Hajime Shirozu	４．巻 1
２．論文標題 Pattern Analysis of Meteorological Field causing Heavy Rainfall Disaster in Kyushu and Chugoku Region Japan Using Self Organizing Map	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Proceedings of the 39th IAHR World Congress	６．最初と最後の頁 4812-4818
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 朝位 孝二，白水 元，西山 浩司	４．巻 77巻1号
２．論文標題 自己組織化マップを用いた南九州で豪雨をもたらした気象場パターンの分類	５．発行年 2021年
３．雑誌名 土木学会論文集B1（水工学）	６．最初と最後の頁 111-123
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.77.1_111	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 -

１．著者名 西山 浩司，白水 元，朝位 孝二	４．巻 77巻2号
２．論文標題 自己組織化マップに基づく九州地方における豪雨の発生時間帯の傾向に関する分析	５．発行年 2021年
３．雑誌名 土木学会論文集B1（水工学）	６．最初と最後の頁 I_1135-I_1140
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.77.2_I_1135	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 -

１．著者名 岩重圭悟,朝位孝二,白水 元,西山浩司	４．巻 8
２．論文標題 自己組織化マップを用いた過去に災害を引き起こした台風の気象場パターンの分析	５．発行年 2022年
３．雑誌名 自然災害協議会中国部会研究論集	６．最初と最後の頁 25-28
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 無
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 -

１．著者名 朝位孝二、田邉虎太郎、西山浩司、白水 元	４．巻 80
２．論文標題 自己組織化マップを用いた九州地方の流域毎の気象場と降雨の関連性分析	５．発行年 2024年
３．雑誌名 土木学会論文集	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） 10.2208/jscejj.23-16004	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 －

１．著者名 Asai Koji、Shirozu Hajime、Nishiyama Koji	４．巻 1
２．論文標題 Classification of Typhoon Pattern landed in Japan using Self-Organizing Map	５．発行年 2023年
３．雑誌名 Proceedings of the 40th IAHR World Congress. Rivers & Connecting Mountains and Coasts	６．最初と最後の頁 2297-2304
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3850/978-90-833476-1-5_iahr40wc-p0225-cd	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 弘中勇駿，朝位孝二，西山浩司	４．巻 10
２．論文標題 自己組織化マップによる西部中国地方の気象場と線状降水帯の関係性の分析	５．発行年 2024年
３．雑誌名 自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集	６．最初と最後の頁 32-35
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 無
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0件

〔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
研究分担者	西山　浩司 (Nishiyama Koji) (20264070)	九州大学・工学研究院・助教 (17102)	

６．研究組織（つづき）

	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
研究分担者	白水　元 (Shirozu Hajime) (60808210)	東海大学・建築都市学部・特任助教 (32644)	

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