

レーダーデータを用いた甌島風下側に形成される 線状降水システムの解析

田代 誠 司*

要 旨

気象庁の現業用レーダーデータを用いて1997年7月10日の鹿児島県出水市針原地区の土石流発生時の気象状況を解析した。

その結果、土石流発生時の大雨は、甌島から北東へのびる線状降水システム（甌島—出水ライン）に伴った鹿児島県北西部の阿久根や出水を中心とした局地的なもので、その原因として、鹿児島県西方海上にある甌島（こしきじま、最高地点の標高は604 m）が大きな役割を果たしていることがわかった。

1988年から1998年の夏季のレーダーデータにもとづき、過去の同じ地域における大雨の事例を解析したところ、甌島—出水ラインが21例あり、うち5例は鹿児島県北西部のアメダス日降水量の累年順位10位以内の降水を記録していた。

1. はじめに

1997年7月10日午前0時49分頃、鹿児島県北西部の出水市針原地区で大規模な土石流が発生し、21名もの犠牲者が出た。

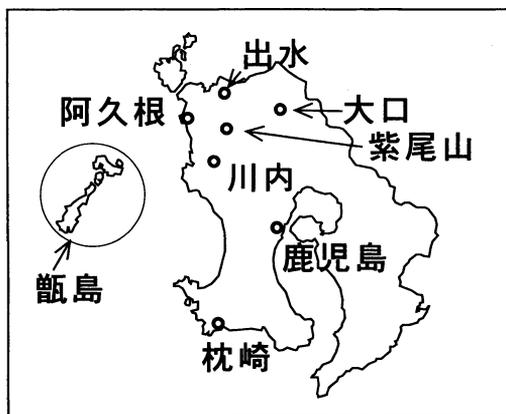
アメダス観測所の出水では、7月6日から土石流発生直前の9日24時までに398 mmもの降水量を観測している。この大雨により大規模な土石流が発生したと考えられる。このうち7月9日から10日にかけての大雨は、甌島から出水に伸び出す顕著な線状メソ対流系（本論文では「甌島—出水ライン」と呼ぶことにする）の停滞によるもので（新野・守田，1997）、局地的なものであった。

以前より、梅雨末期には鹿児島県北西部の阿久根や出水を中心とした狭い範囲で大雨が発生することがあった（第1図に、関連する鹿児島県内のアメダス観測所の名称と位置を示す）。守田ほか（1998）は、阿久根では過去の日降水量10位以内の内、5～6例が同様な気象状況と降水システムで発生している、と述べて

いる。

このため、1997年7月の大雨を始め、鹿児島県北西部で過去に発生した大雨の一部は、甌島の影響を受けたものではないかと考えられる。

このことを明らかにするために、土石流をもたらした1997年7月9～10日の大雨の状況と、過去に鹿児島県北西部で発生した甌島の影響を受けた局地的な大雨の状況について、気象庁の現業用レーダーデータを用

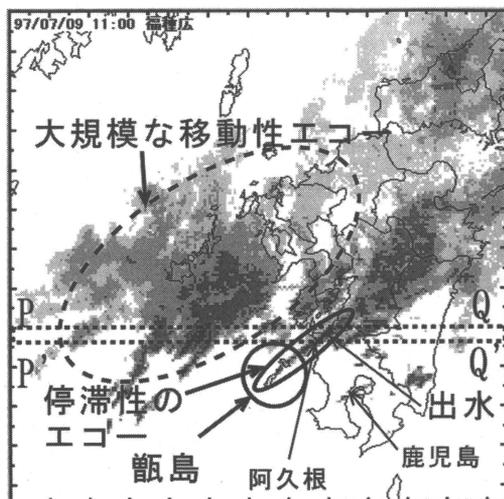


第1図 本調査に関連する鹿児島県内のアメダス観測所の名称と位置。

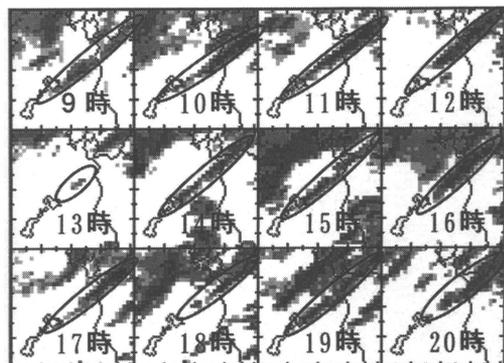
* 鹿児島県地方気象台予報課；現 東京管区気象台技術部
気候・調査課。

—1999年5月31日受領—

—2004年2月2日受理—



第2図 7月9日11時00分のレーダーエコー (P-Q, P'-Q'の点線で囲む矩形は、第5図の時間断面図で切り出した範囲を示す)。



第3図 1997年7月9日9時から20時まで1時間毎の甌島から出水のレーダーの拡大図、囲っている部分が甌島で発生したエコー。

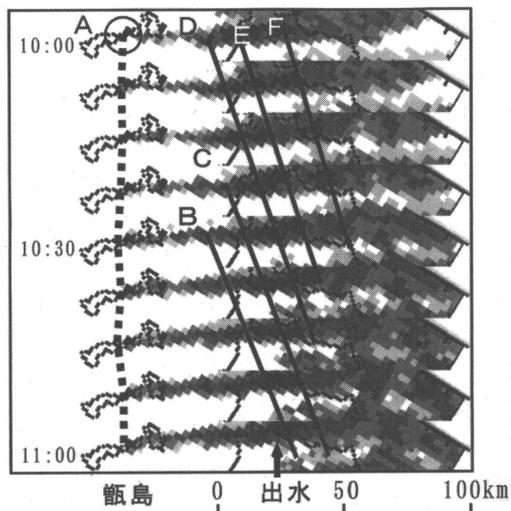
いて調査した。

なお、文中において記載している時間はすべて日本時間を使用している。

2. 1997年7月9～10日の出水の大雨

2.1 大雨の状況

1997年7月9～10日は、九州北部に活発な前線が停滞し、出水は前線の南側に位置していた。出水の大雨は、甌島から出水へ伸びる南西-北東走向の線状のメソ対流系(第2図)によってもたらされた。このメソ



第4図 甌島から出水の方向に切り出したレーダーエコー時間断面図(1997年7月9日10時から11時, 7.5分間隔) Aは線状エコーの発生地点, B～Fは線状エコー中の強エコーの動きを示す。

対流系は、少なくとも9日9時～20時の11時間にわたって、数時間周期で盛衰を繰り返しながら停滞していた(第3図)。9日9時～21時の出水における雨量は266 mmに達した。

2.2 停滞性エコー中の強エコーの動き

甌島と出水を結ぶ南西-北東方向の線状エコーについて、9日10時00分～11時00分における7.5分間隔のレーダーエコー時間断面図(第4図)を用いて、線状エコー中にある積乱雲に対応すると思われる強エコーの動きを調べた。強エコーB～Fはいずれも約17 m/sで北東に進んでおり、その速度ベクトルは、9日9時に鹿児島で観測された700 hPaの風ベクトル(ベクトルの向きは方位角60度で大きさは19 m/s)に近い。そこで、出水に停滞した線状エコーは、その南西端の甌島付近で発生した積乱雲が、発達しながら風に流されて北東に進んで行くことにより、形成されていると考えられる。

2.3 甌島の地形的影響

出水に停滞した線状エコーの南西端(積乱雲発生域)は、少なくとも11時間、常に甌島付近に位置する(第3図, 第4図)ので、甌島の地形が積乱雲の発生に寄与していると思われる。なお、9日10時から11時にかけて、線状エコーの走向が方位角240度-60度から235度-55度が変わったが、これは積乱雲を流す大規模な

風の変化を示していると推測される。風の変化が
変わったにもかかわらず、積乱雲が甌島付近で発生し
続けていることから、積乱雲発生への甌島の寄与の
大きさがうかがえる。

数値モデル実験でこの現象を再現した報告がいく
つかある。坪木・斉藤(1999)は、甌島が無い場合下
流域に凝結量が計算されないことから甌島の影響を示唆
していると述べている。一方、加藤・新野(1998)は
甌島がなくても線状の降雨バンドの発生が見られると
述べているが、甌島付近に停滞した状況を再現してい
ない。

これらのことから、甌島—出水ラインの形成・発達
機構については、他の要因も考えられることは多いが、
少なくとも位置の固定については甌島が重要な役割を
果たしていると考えられる。

2.4 停滞性エコーの盛衰と大規模な移動エコーと
の関連

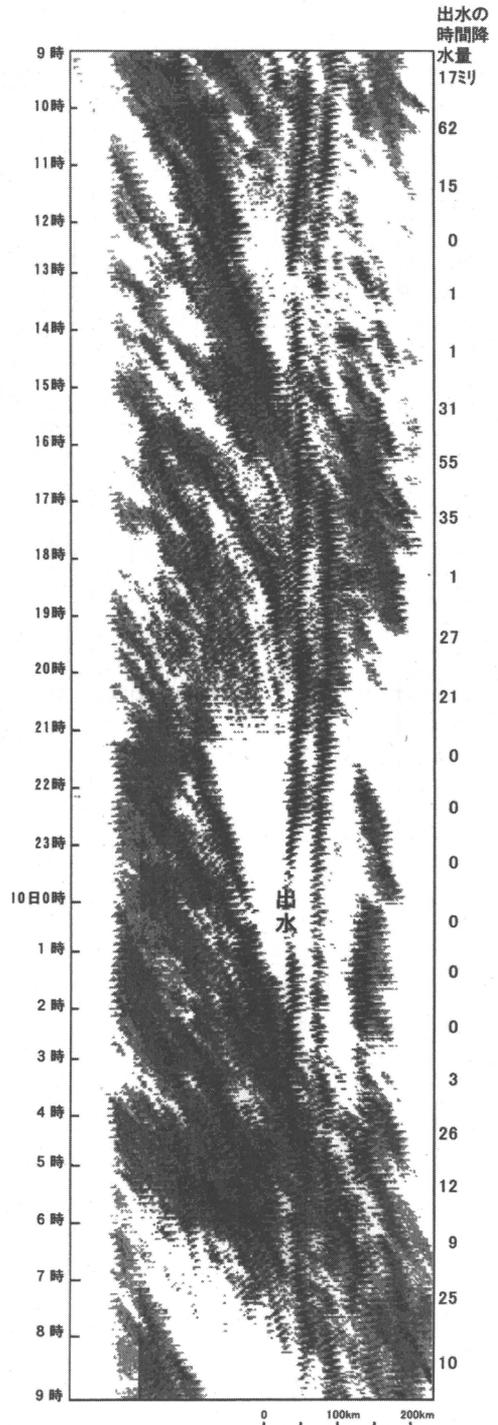
出水に停滞した線状エコーの盛衰と、よりスケール
の大きなエコーとの関連を調べるため、第2図の2本
の点線P-Q, P'-Q'で囲む東西方向の長い矩形地域に
ついて、9日9時から10日9時のレーダーエコー時間
断面図を作成した(第5図)。出水には、この24時間
にわたって、東西幅10~20 kmのエコーが停滞している。
このエコーは数時間毎に盛衰を繰り返しており、出水
の時間降水量も0~62 mmの幅で変動している。出水
で1時間に20 mm以上の雨が降った時刻(9日の11
時, 16~18時, 20~21時と10日の6時, 8時)は、時
速35 km程度で東進してきた東西幅約100 kmのエ
コーが、出水に停滞するエコーと合流した時期に当た
る。エコー強度で見ても同じ時間帯で強まっている。
停滞性エコーの盛衰に、よりスケールの大きな移動性
エコーが影響を与えていることがわかる。

一方、甌島—出水ラインの東側にも停滞性のエコー
が見られる。これは第2図中の甌島—出水ラインの東
側に見られるエコーで、甌島—出水ラインほど顕著で
はないものの、ほぼ同時に盛衰を繰り返している。こ
のエコーは、川内付近から大口付近(第1図参照)へ
のびるもので、大口の9日の日降水量260ミリに寄与し
ていると考えられる。

3. 過去11年間に甌島の影響で地形性エコーが発生
した例

3.1 発生日の抽出

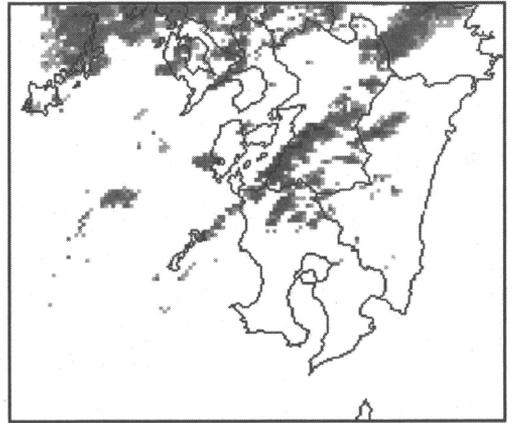
阿久根や出水の大雨は、1997年7月9~10日の例で



第5図 出水を含めて東西方向に切り出した
レーダーエコーの時間断面図、(1997年
7月9日9時から10日9時、7.5分間
隔) 枠の右には出水の毎時間の降水量
を示す。

第1表 地形性エコーの発現日とアメダスの日降水量
網掛け部は、アメダスの累年順位10位以内。

	およその発現時間	エコーの走向	アメダスの日降水量						大雨パターン
			阿久根	出水	大口	紫尾山	鹿児島	枕崎	
1988.6.08	4	NE	12	29	51	71	2	2	
89.7.09	10	ENE	21	92	93	39	5	0	
89.7.10	8	ENE	34	56	233	131	26	28	○
90.6.15	5	NE	25	23	36	42	4	0	
90.6.30	5	NE	243	209	164	260	88	49	○
91.6.10	7	ENE	6	18	87	62	2	5	
91.6.12	12	NE	10	27	75	43	3	1	
91.6.30	5	ENE	1	1	25	35	0	0	
91.7.01	5	ENE	2	2	6	29	1	0	
91.7.12	4	NE	0	5	5	0	0	0	
92.8.12	4	NE	85	70	73	34	5	0	
93.6.28	3	ENE	0	5	51	21	32	22	
95.7.03	20	NE	205	252	167	158	10	13	○
95.7.24	4	NE	17	34	32	30	35	6	
96.6.30	3	ENE	30	36	82	95	42	21	
97.7.08	9	NE	76	59	38	104	100	43	
97.7.09	22	NE	203	275	260	27	76	14	○
97.7.10	13	NE	153	216	199	119	76	2	○
97.7.11	10	NE	39	67	157	148	6	2	○
97.7.12	4	NE	32	49	52	38	9	0	
98.6.25	3	N	0	4	0	2	0	0	
平均	8		54	70	86	68	24	9	



第6図 1990年6月15日08時00分のレーダーエコー。

もわかるように、少なからず甌島が影響していると考えられる。このため、鹿児島県北西部をカバーする気象庁の福岡レーダーと種子島レーダーがデジタル化された1988年以降を対象に、甌島の影響と思われる地形性エコーが現れた日を抽出した。データは、1988年から1998年のレーダーデータ（福岡管区気象台要報第54号による）を使用した。データ量が多いため、1997年の出水の大雨時のような地形性の降水が現れると考えられる6月から9月を対象とした。抽出は、第2図のように甌島付近から発生し線状に伸び出すエコーが現れ、それが3時間以上継続した日を対象とした。理由は、1時間程度のものはかなりあるが、一時的なものでそれが甌島の影響なのか特定できないと判断したためである。なお、抽出に当たっては、主観的な部分が多量に含まれている。

以上の条件で、過去11年間を調査すると、第1表に示すように21例あった。時期も6月末から7月の梅雨末期に多くなっている。多くの例は、甌島付近でエコーが発生して北東に伸び出し、阿久根や出水付近に達す

るパターンであったが、エコーの走行が南から北のパターンが1例あった。

各地の降水量は、鹿児島県北西部の北部ほど多くなる傾向で、それと比べると鹿児島県南西部は20~30%にすぎず、ほとんど降らない例もみられる。

3.2 大雨パターン

第1表からは、地形性エコーの発現日で、大雨（日降水量200 mm以上）のあった日とほとんど降らなかった日があることがわかる。大雨のあった日は、アメダス日降水量の累年順位10位以内に、阿久根で3例、出水で4例、大口では2例が入っている。1988年以降に、累年順位10位以内が観測されたのは、阿久根で5例、出水で7例、大口で6例であることから、同様な地形性の降水システムによる大雨の割合が大きいことがわかる。

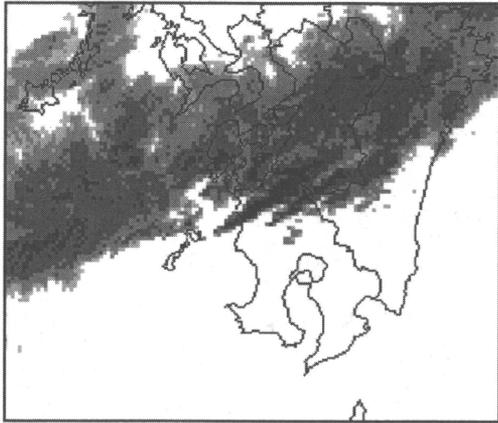
このことから、甌島が影響していると思われる地形性エコーの発現する日は、特に鹿児島県北西部に大雨が発現しやすいと考えられる。しかし、大雨の降らなかった日も多いことから、どのような条件やパターンで大雨が降りやすいのかを、把握する必要がある。

甌島が影響していると思われる地形性エコーの発現した日は、次の2つのパターンに分類することができる。

① 大雨にならないパターン

第6図のように、甌島付近から単独、または、それ以外に地形性と見られるエコーが数本九州本土にみられ、九州南部を通過するスケールの大きな移動性エコーはない。

太平洋高気圧の周辺部や、温暖前線北上後の暖域内



第7図 1995年7月3日16時00分のレーダーエコー。

によく現れ、総降水量は前線によるものと合わせて、せいぜい100 mm 前後である。

②大雨になるパターン

第2図や第7図のように、甌島付近で発生した線状のメソ対流系に、スケールの大きな移動性メソ対流系が関連している場合である。第2、7図の例は、いずれも鹿児島県北西部で日降水量が250 mm を越える大雨となっている(第1表)。これらの多くは、梅雨前線帯が九州中部から南部に停滞している。この場合、甌島の影響で発生する雨雲の継続時間も比較的長く、降水量も多くなる。

スケールの大きな移動性メソ対流系の通過に伴って発生した例を、「大雨パターン」として第1表右端に丸印を付してある。日降水量150 mm 以上のケースはすべて含まれている。

4. まとめ

1997年7月10日に鹿児島県出水市に土石流災害をもたらした大雨の調査を事例として、レーダーエコー時間断面図を使って、レーダーエコーの動きや盛衰を調べた。それによると、出水付近には盛衰を繰り返しながら12時間を超えてほぼ停滞する線状エコーが見られ、それは少なからず甌島の地形的影響を受けているものと推察された。加藤ほか(1999)も、この事例で、線状エコーは東進してくるメソ β スケールの対流システムの接近と同期して発生・衰弱を繰り返していることを示している。

また、過去11年間のレーダーデータを使った過去の調査では、出水や阿久根など鹿児島県北西部の大雨は、甌島の地形的な影響を受けたものが多いことがわかった。この場合、甌島で発生する停滞性メソ対流系の盛衰に、よりスケールの大きな移動性メソ対流系が影響を与えていることもわかった。

このことから、梅雨末期に九州中部付近に梅雨前線帯が停滞している場合に、甌島付近から伸びる線状のメソ対流系「甌島一出水ライン」と、前線帯を東進するより大きなスケールのメソ対流系が連動する場合、鹿児島県北西部で大雨になりやすいと考えられる。

謝辞

本研究に当たっては、福岡管区気象台技術部気候・調査課島津調査官(現 気象庁観測部防災情報提供管理室調査官)には、適切など助言を頂いた。ここに感謝いたします。また、本研究の遂行には平成9年度気象学会九州支部奨励金を使用し、同支部にお礼申し上げます。

参考文献

- 加藤輝之, 新野 宏, 1998: 1997年7月9日の出水豪雨の発生・維持機構について(序報), 気象学会大会予稿集, 74, B155.
- 加藤輝之, X-BAIU99観測グループ, 1999: 線状構造を持ったメソ対流系が引き起こす集中豪雨, 気象学会予稿集, 75, A160.
- 守田 治, 山口栄次, 新野 宏, 1998: 1997年7月上旬九州中南部の豪雨解析—鹿児島県北部出水・阿久根付近の豪雨機構を中心として—, 平成9年度科学研究費補助金研究成果報告書, 5-13.
- 中矢清一, 田代誠司, 1998: 1997年7月上旬の薩摩地方北部の大雨について, 研究時報49巻別冊, 216-217.
- 新野 宏, 守田 治, 1997: バンド状降水雲による大雨—1997年7月10日鹿児島県出水市の土石流に関連して—, 第16回日本自然災害学会学術講演会要旨集, 99-100.
- 田代誠司, 1998: 薩摩地方北部の地形の影響を受けた大雨について, 福岡管区気象研究会誌第59号, 192-193.
- 田代誠司, 1999: 1997年7月9~10日の出水の大雨, 福岡管区気象台要報第54号, 40-43.
- 坪木和久, 齊藤和雄, 1999: 梅雨期の鹿児島県甌島の風下に形成される降水系のシミュレーション, 日本気象学会予稿集, 30, A157.

Band-shaped Precipitation System on the Lee Side of Koshiki Islands Revealed From Radar Observation

Seiji TASHIRO

Forecast Division, Kagoshima Local Meteorological Observatory (Present affiliation : Tokyo District Meteorological Observatory, Otemachi 1-3-4, Chiyoda-ku Tokyo)

(Received 31 May 1999 ; Accepted 2 February 2004)

==== 編集委員会だより =====

「学位論文紹介」投稿のお願い

「天気」では毎年、過去3年度の間の大気科学に関係する博士および修士論文の紹介を行っています。以下の要領に従って奮って投稿していただくようお願いいたします。

1. 個人からの投稿及び研究室等からの一括投稿のいずれも受け付けます。一括投稿の場合の代表者は教官でなくとも結構です。
2. 対象論文は過去3年度の間（今回は2001年4月1日から2004年3月31日まで）、修士あるいは博士の学位が授与された大気科学に関する論文とします。外国の大学・大学院から授与されたものも対象に含めますが、すでに「天気」の学位論文紹介欄に掲載された論文は除外します。
3. 投稿者は5月31日までに、氏名、連絡先、電話番号、電子メールアドレスまたはFAX番号、及び、
 - (1) 大学・大学院・研究科・専攻名、
 - (2) 学位取得の年・月、
 - (3) 博士論文（論文博士）・博士論文（課程博士）・修士論文の別、
 - (4) 著者名およびフリガナ、
 - (5) 論文題名（外国語論文の場合は原題名及びあれば和訳名）
4. 投稿者に対する原稿受領の連絡と、記事内容の確認が必要な場合の問い合わせは、電子メール、やむを得ない場合は他の方法により担当編集委員が行います。投稿後1か月を経ても連絡がない場合は、投稿先に問い合わせるようお願いします。

の5項目を明記の上、担当委員まで電子メール (tenki@pastel.ocn.ne.jp)、または郵便(〒100-0004 東京都千代田区大手町1-3-4, 気象庁内日本気象学会「天気」編集委員会学位論文担当) で送付して下さい。送り状は不要です。論文題名などにおいて、イタリック体や上付きまたは下付き文字などがある場合、必要ならば括弧内の註として指定して下さい。著者名は投稿された通りにフリガナによって50音順に記載しますので、姓・名の順番などに気をつけて下さい。また、一括投稿の場合、複数の論文で上記の項目(1)~(3)が同じときは2番目以降の論文でそれらの項目を省略しても結構です。その際、著者名が50音順になるように記載して下さい。なお、編集の効率化のために、なるべく電子メールを使うようお願いします。