# 特集≫ 防災,安全·安心を確保する社会基盤整備

# ゲリラ豪雨検知システム

# 学問からの切り込みから離れた水平思考による検知システム

野村達夫

現地気象観測設備を一切必要とせず、それに代わり気象庁降雨に関連する観測データを用い、多面的情報を組み合わせ、ゲリラ豪雨に伴う豪雨災害の発生予兆を捉え、価格、原理共に複雑なロジックを排除したシンプルなシステムとなり価格を低く抑えることを実現した。国土の52万ヶ所<sup>1)</sup>と言われる土石流災害危険箇所の災害発生予兆を、リアルタイムに捉え、気象知識を極力求めない表示方法を目指した、水平思考型ゲリラ豪雨検知システムを紹介する。尚気象データを扱う技法について、詳しく述べる事はしない、技法については気象図書を参考頂きたい。

キーワード: ゲリラ豪雨、雷検知、土石流災害、河川氾濫、台風

### 1. はじめに

地球誕生から46億年,地球のこの姿は誕生以来の営みにより形作られ,それは力学的バランスの究極的芸術と言っても過言ではない。ゲリラ豪雨,土石流災害,河川氾濫等により力学のアンバランスを起こし又は人工的に造られ,再び新たなバランス形成がなされる。この繰り返し過程の中,今日もこのいっときに位置している。

豪雨災害の課題解決に、一般的に気象学者、地質学者ならびにそれらに関わる土木学者等により学術的角度から切り込む事が一般的であり、また重要である事は周知の事である。

土石流災害を防ぐ、事前予知をする、これらの事象に対処するシステムは過去数十年に亘り、多くの学者研究者そして現場技術者の努力成果により、有効に活用され、多くの災害危機から救っている事は、もっと多くの国民が知りこれらの分野に感謝する必要を強く思うことがある。

翻り地域住民の要望は、とにかく災害が起こらない、受けない事を望み、行政・住民は、その目標の実現に向かい長い年月共に格闘しているのであるが、しかし豪雨災害は毎年尊い命を奪い続けているのがまた、現実である。ある意味で野放図に地形や、植樹の姿を変える事を日々の経済活動の理由に行われ、知らず知らず新たな災害予備を作ると言う、循環構造になっているのである。

この事象をもっと簡素にシンプルに捉え, 簡単に使

えて役に立つシステムを目指したゲリラ豪雨検知システムが在っても良いのではないかと考えるものである。

豪雨の季節が到来する毎年5月から11月までの6ヶ月間の降雨時に地域住民の願いに叶う,短時間の準備で、豪雨災害の予兆を知る事に応えられることを可能とする、ゲリラ豪雨検知システムを構築した。

しかしよく考えると、ゲリラ豪雨を検知しただけでは役目に不足がある。可能なら同時に、土石流災害の発生予兆を捉える事も目標に位置づけることが当然望まれる。本稿はゲリラ豪雨を検知して、その後に発生する土石流災害の発生予兆をも捉える事を目指して開発したシステムについて、動作原理及び過去の災害検証と、実際の活用用途について説明する。

尚このシステムは、土中観測を取り込まない、大気 気象に依存したシステムである。

説明中に於ける個々の気象情報に関する機能説明は 気象庁ホームページの詳細記述を参照されたい。

また、ゲリラ豪雨検知と密接な関係のある土石流災 害、予兆の文言を使う事を承知願いたい。

#### 2. 豪雨は多面的確度から捉える必要がある

豪雨災害を捉えるには一面的降雨量だけの観測判断 では役目を果たさない,この考えがこのシステム原理 の原点である。

豪雨災害を防ぐには、多面的に以下の事象を知る事 が必要である。

- ①降雨量,現状の把握…土石流の発生,河川氾濫予想 判断に重要
- ②現況降雨状況の今後の持続性の掌握…土石流災害, 河川氾濫に需要となる時間雨量とその持続性の掌握 が重要
- ③降雨の前に今後降る雨の予想把握…降る前,これから降る雨が,豪雨の可能性,そして持続性の先を知る

これらの状況把握のため通常の気象情報から得る内容は重要である事は疑いの余地がない。しかしながら一般的に入手出来る気象情報は5km単位となり、地域限定の、さらに細かく住所に例えれば"丁目番地"の予想については、網羅できないのが現状である。当該システムでは丁目番地単位の状況を捉えて、高い確率で状況把握が出来ることを目指した。

尚気象庁情報には最近のものとして, 土砂災害警戒 情報, 土砂災害警戒判定情報が出されている。

これらの情報も説明では、土中に関するセンスは 行っていない事と、地域の詳細な経緯情報は載ってい ない。

# 3. 多方面の情報とは何か

①降雨量,現状の把握…土石流の発生,河川氾濫予想 判断に重要

気象情報として、広域降雨状況を知るには気象庁が発する全国合成レーダー等によるにレーダ降水データ<sup>2)</sup>が全国 1 km 単位を網羅する唯一であり、現在におけるそのデータの確度は高いものになっている。しかし全ての降雨を捉えられる訳ではない。1 mm 前後の雨量計測は地形等の影響を受けてセンスされない。また海の荒波などを降雨に捉える事もある。

具体的には気象庁ホームページで公開されている レーダーナウキャスト情報が最も最新の情報であり的 確である。

この要素を便宜的に単に①"降水量"と呼ぶ事にする。

しかし少し考えてみると、この情報が優れている事は間違いないが、既に降り終わった情報であり、今後の降る状況、また降るに至った状況の把握がさらに欲しいところである、それには他の情報を扱う必要がある。このレーダーデータ郡には降水ナウキャストと言う短時間予報があるのでそこから今後の予想を知る事が出来るが、何故その降雨が予想されるのかを知るには、さらに他の情報から得なければならない(後述)。

尚今はまだ一般にデータ開放されていない60秒更

新による、精密降雨観測 X バンド MP レーダ網 5) の整備が進み、政令都市を中心に運用が始まっている。 少雨、地図表示等に於いて更なる性能及び視覚性向上 に期待するものである。

②現況降雨状況の今後の持続性の掌握…土石流災害, 河川氾濫に需要となる時間雨量の持続性の掌握が重 要

降雨時に於いてその上空にどの位の雨滴量が溜まっているかを知る事は今後の継続性の判断になくてはならない情報である。この要素を② "保水力" と呼ぶ事にする。

さらに上空に雨滴を貯めるには地上や水面から水分を上空へ水蒸気として送り込む力が必要である。上空へ水蒸気として水分を供給しているその力の状況を知りたいところである。この要素を③ "蒸発力" と呼ぶ事にする。

③降雨の事前に今後降る雨の予想把握…降る前,これから降る雨が、豪雨の可能性、そして持続性の予想は降雨の前に、降雨量の予想ができる事は、災害準備に対して重要な情報といえる

豪雨は事前の予兆もなく、突然の降雨が豪雨に変質すると考える前に、実は降る前の上空の状況を知る事により、ある程度の降雨予想を得ることが出来る。その得るための情報が②の保水力と③の蒸発力である。

③の蒸発力が活発になると、同時に上空には水滴が 雲と言う姿で滞留する、蒸発力が強くなればなるほ ど、上空の滞留が増える、これが②の保水力になる。 保水力の体積は広域横の広がり、縦の広がり、及び縦 と横の同時広がりがある。

# 4. ①・②・③の情報説明

本稿では気象データ解析の技法には触れないと断りをしているが、大気の基本をある程度簡単に理解しておくと以後の説明が分かりやすいので、日常現象の範囲を説明する。

高度千メートル上昇するごとに気温は約6.5℃低下する。この基準となる国際標準大気の定義があり、それには次のように定義されている。

海面上, 気圧 1013.25 hpa, 気温 15  $\mathbb{C}$ , 気温低減率 6.5 k/km となっている  $^3$ 。

気温と高度の関係について、一定高度上昇すると、 気温が一定温度低下する、と言う自然の法則がありこ の現象を言い表す用語を気温低減率と言い、この低減 の率の変化が大気の組成に関わる重要な要素となる、 これが着目点である。1000 m 上がると気温は 6.5 ℃ 下がるのが標準大気で言う基準である。

もしこの低減率が 1000 m 上がるごとに多く下がり 例えば 10 ℃下がる、それに対し 3 ℃しか下がらない とでは大気の状態に大きな差を生じる、基準に対して 変化率が多ければ大気は不安定、少なければ安定と言い、これが大気の安定度を表す基本になるのである。 つまりこの低減率の多さが、豪雨の雲を作り出す一つの重要な要因である。

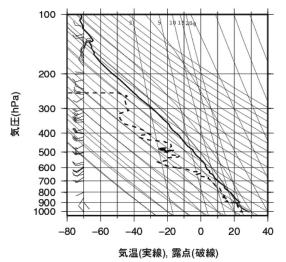
しかしただ単に気温の下がりが標準より多いと必ずしも雲が生成される訳でもない。知りたいのは現在此処に於ける雲の存在を知りたいのである、そこで役に立つのが雲の生成状態を知る露天温度<sup>4)</sup>と呼ばれる尺度があり、この露天温度を知る事により雲の存在を知る事ができるのである。

先に保水力について説明した内容の体積についても う少し説明を加えたい。

保水力の体積には横の広がりと縦の広がり、及び両方の広がりを説明した。この広がりとは雲の広がりである。この雲の広がり状態を知るのに露天温度を知る事は欠かせない。露天温度は同位置に於ける気温に対しプラスが普通であるがこの温度に対して露天温度が低くなる逆転が生じると、そこは雲があると判断できるのである。

例えば 2000 m の高度の気温が  $+5 \text{ }^{\circ}$  この同位置における露天温度が  $+1 \text{ }^{\circ}$  とすると,既にこの位置には雲が存在することが分かる(図-1)。

さらに、気温の高度上昇に伴う低減が標準に比べ多い場合、多くなればなるほど、大気は不安定と化し、水蒸気の上がる率が増え活発となり、同時に雲の高さはさらに高く、そして積雲から積乱雲へと代わり、強



図―1 高度に対する気温と露天温度をプロットしたエマグラム この内容からすると全天厚い雲に覆われているのが分かる。 観測場所は館野 気象庁ホームページ参照

大な保水状態を造るのである。この高さを持った保水 状況は、集中的な豪雨を予想させ、高さがなく広域広 がりの場合は豪雨になる確率は低くても、時間が長引 く事が予想できる。この二つの条件が重なった時、強 雨が長時間続き豪雨になる可能性が高まる事は、豪雨 による災害を発生した、数例を用いて検証確認してい る。

この状態を知る事がつまり、②の保水力を知る事になる。また大気の不安定の度合い(露天温度の低下率の増加)が③蒸発力の判断になる。

降雨発生前、発生中、発生後の雲の状況を知るため の気象データは、以上の説明の通り、高度に対する気 温と露天温度のデータを基本にしているのである。

此処に説明した②保水力、③蒸発力、さらに①の降雨量 この3種類のデータにより事前、現在、今後の降雨状況の把握をより正確にする事が可能になるのである。この3種類を総称して"ゲリラ3要素"と自らは呼称している。

ゲリラ3要素を知るための気象庁データは全国 1300 箇所に配置したアメダス,レーダーナウキャス ト情報,ラジオゾンデ情報等を入手して作成される。

では,以上説明の内容が実際の災害発生時の状況に 合致するのか.実例を用いて示してみたい。

ここで強大な②保水力と③蒸発力により大きな土石 流災害を発生した東京都大島町と、秋田県仙北市田沢 湖町の2例について検証してみる。尚マスメディア報 道以外の部分については本稿に関係しないため記載し ない。

2013年10月15・16日の豪雨で発生した東京都大 島町の土石流災害は、30数名の尊い命を奪った事は まだ記憶に新しい。

以下はシステムが捉えたデータから検証, 時系列に 箇条書きした。データ作成に於いて公の災害報告は参 照していない, データの位置は元町地区を選んだ(図 -2)。

白黒画像のため、グラフ上に描かれた色及び強弱の 不明瞭な点はご承知願いたい。

- ①災害発生前日15日の午前8時台から降雨が始まる。
- ②12時台から降雨が増す、既にこの時間の②保水力 は増していると同時に、活発な蒸発力(大気状態) により、海水を多量にしかも広範に上空へ供給して いる。図-2に明確に現われ示している。
- ③その後翌16日の午前5時までの22時間に及ぶ連続降雨状態になり、その内の17時間は豪雨状態となりシステムが予め決めた土石流災害発生予兆ラインに16日午前1時に到達し、その約90分後に災害は

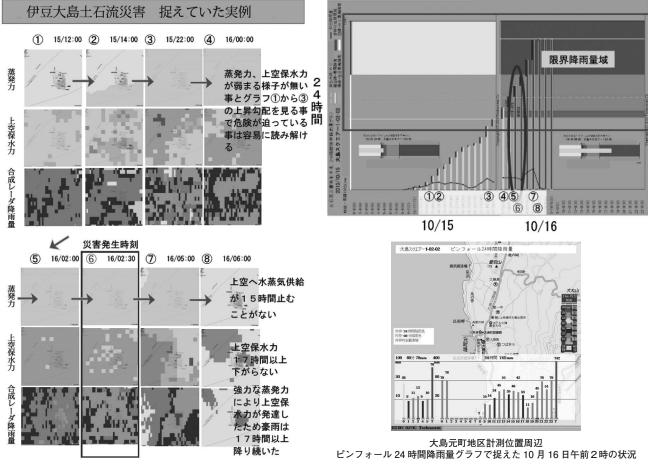


図-2 大島豪雨 蒸発力,保水力及び降水量情報と限界降雨量グラフ

発生した(**図**―**2**右グラフの縦長楕円位置)。 以上が大島災害である。

2013年8月9日東北地方を襲った豪雨は、秋田県仙北市田沢湖に土石流災害をもたらし、数名の命を奪った。

- ①災害は降雨の始まりから、約7時間経過後に発生した。災害発生の3時間前から急激な豪雨になった。
- ②降雨は降り始めから6時間後には、限界降雨量域<sup>6</sup>に入りシステムが予め決めた土石流災害発生予兆ラインに午前10時台に到達し、その約90分後に災害は発生した(図一3右グラフの白色縦線)。
- ③この豪雨災害時の大気状態も、強大な②保水力と広範に及ぶ③蒸発力状態になっている事が図—3からはっきりと理解できる。しかも降雨の前から豪雨になる可能性に発達している事が明確に現われ表示されている。

以上が田沢湖町災害である。

何れの状況に於いても同様に②保水力と③蒸発力の 発達が災害発生の大きな要因である事がわかる実例で ある。

土石流災害発生予兆ラインとは、過去の降雨量の最

高雨量を限界降雨量と位置付け、その限界降雨量の前後マージンを考慮した位置を予兆ラインと位置付けている。マージンはその場所の過去の災害状況を考慮して決める乗数を掛けた値。

その他にも 2011 年 9 月 8 日に発生した,和歌山県日高川市を襲った豪雨,島根県津和野町,山口県萩市を襲った 2013 年 7 月 28 日の災害等,検証により同様の結果である事が裏付けられている。

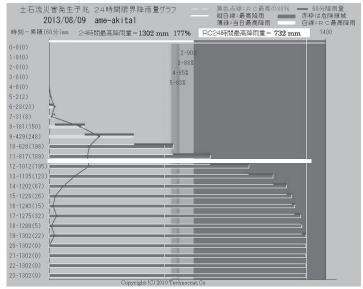
# 集められた気象データの、表示への具体 的構成

集めた気象データをどのように整理するか、見やすく簡素に表すかは、利用者が一目で理解出来、専門知識を求めない、その目的を達成するための重要な役目を持つところである。

表示イメージを使い具体的に説明する。表示は画像 イメージを中心にし、数値表などの使用は専門的にな り、システムの開発趣旨にそぐわないため、通常の情 報としては情報判断に用いていない。

①ピンフォール 24H 降雨量グラフ (図-4)

#### 限界降雨量グラフ 白線が豪雨災害発生時刻



図一3 田沢湖豪雨

#### 強大な②保水力が分かる



何れも同時刻 〇内が災害発生位置 強大な③蒸発力が分かる



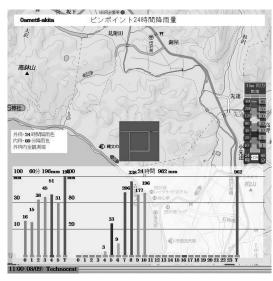


図-4 降雨の状況推移が分かる 秋田県田沢湖町災害発生約30分前の降雨状況

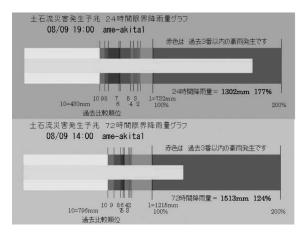
降雨量の変化傾向をピンポイントの場所で収集して グラフ表示する。

気象レーダーの最小検知範囲の 1 km 単位を考慮したピンポイントである。

降雨量の把握と降雨の変化傾向が掴め、今と今後の 状況判断が出来る。

レーダーデータを扱う上で注意しなければならないのは、雨量枡の計測値と異なる事を考慮しなければならない。何れの観測もその時の風の影響を大いに受けることを、念頭に置く必要がある。

②限界降雨量警報グラフ (図-5)



図―5 限界降雨量警報グラフ 24 時間限界降雨量警報グラフ 上段 72 時間限界降雨量警報グラフ 下段 何れも中央の右領域へグラフが入ると警報を発する

このグラフには 24 時間降雨量と 72 時間降雨量がある。

24 時間前から現在までの降雨量合計が限界降雨量 にマージンを考慮した位置に達した時警報を発出す る。72 時間グラフも同様の機能を持ち両情報による 警報は何れかの警報により発せられる。

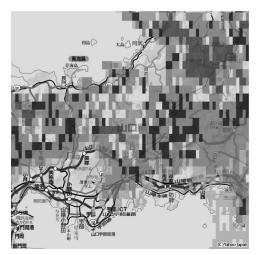
この状況はグラフ表示と合わせて状況把握できる。 警報はメール、リレー接点、音声電話、FAX 通信

警報はメール、リレー接点、音声電話、FAX 通信など柔軟な機器に対応出来なければならない。

#### ③降雨量画像(図—6)

レーダー降雨5分更新画像情報。

この情報は降り終わった情報である。先を知るに



図一6 降水量状況

# は、保水力と蒸発力を用いるのが正しい。

尚現在 X バンド MP レーダー降雨情報が建設省から発信されているが、データの一般利用向けに公開されていない。今後の公開に期待したい。

# ④保水力画像(図—7)

降雨前に於ける,又降雨中における,蒸発力と合わせて,今後の予想判断に的確な情報を視覚的に与えて くれる。

保水力と蒸発力から得られる状況予測にはその他に も有用な情報を与えてくれる。

これについては他の機会に委ねることとする。

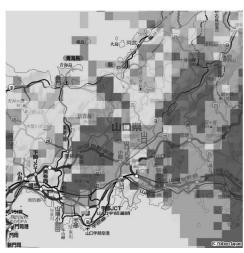


図-7 保水力の状況

# ⑤蒸発力画像(図—8)

降雨前に於ける,又降雨中における,保水力と合わせて,今後の予想判断に的確な情報を視覚的に与えて くれる。

⑥以上の5種類6情報をインターネットで閲覧できる 構成にした集合画像情報(図-9)

この様な局所豪雨情報を地域住民が見られるように

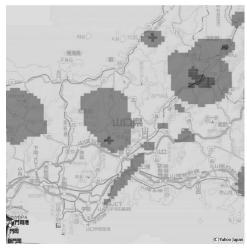


図-8 蒸発力の状況

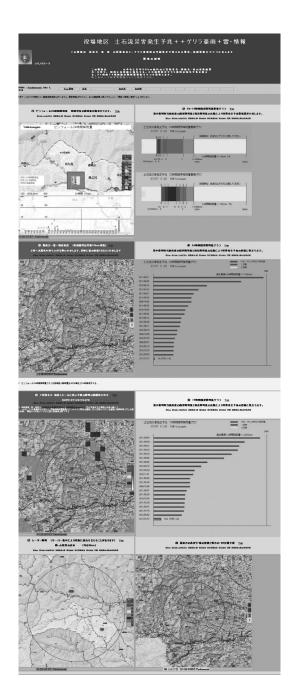


図-9 WEB表示形態の一例

する事により、災害発生前の住民避難をスムースに行 う事に役立つであろう。

その他にも有効な情報が在り、さらに今後も新しい 観測データの公開により、新しいアイデアが生まれ、 より正確な豪雨災害の予兆を捉える事が期待される。

# 6. 活用用途

- ①全国 52 万ヶ所に及ぶ微細災害地をピンポイントで。 限界降雨量の監視と予兆のサーチ。
- ②崖崩れの多発地帯を通る道路地帯を1km 間隔によ る限界雨量の監視と崩落の予兆のサーチ。
- ③鉄道線路沿いの河川や、土手の崩落を1km 間隔に より限界降雨量の監視と災害発生予兆のサーチ。
- ④河川の氾濫をもたらす上流域の急峻な山肌, 雨量計 の設置が困難な場所の降雨量の監視を行い下流域の 豪雨災害の予兆を監視。
- ⑤その他多岐に亘る柔軟な用途に適応した機能を発揮 する。

# 7. おわりに

自然災害の一つ、雷による人的災害が毎年10数名 にも及んでいる。この災害を防止するために、1989 年スタンドアロン型雷検知器を開発し、停電被害事前 防止、ゴルフ場、公園来場者の雷外防止などの雷位置 情報把握の用に開発した。初号機から25年経て今も 各現場で使われている。

豪雨災害は雷を生成する積乱雲と密接なつながりが あり、それまでに得た経験から豪雨災害に影響する事 象の予兆システムとしてゲリラ豪雷雨情報,及び土石 流災害発生予兆サーチシステムを開発したのである。

開発はシンプルな価格、シンプルな扱い、を命題に 構築した。

気象庁データを扱いその素晴らしさを実感する事が ある。特に降水ナウキャストデータの正確さ凄さは. 検証するたびに感激する事しばしばである。多くの災 害防止の情報把握に貢献しているのである。

開発技術者の努力に微力ながら紙面を借りて賞賛を 申し伝えたい。

本稿を寄稿するに当たり、本題を抽出していただい た関係者各位に感謝を申し上げ、防災の一助になれる 事に、今後も新しいアイデアで邁進する次第です。

製品説明はホームページで紹介しています。ご覧頂 ければ幸いです。

J C M A

《参考文献》

新しい航空気象。(財)日本気象協会編 \*言葉の一部は、気象用語から使用。

- 1) 平成24年度調查国土交通省発表数值
- 2)~4) 気象庁ホームページに記載
  - 2014年8月7日より気象庁では最小解像度250mの新しいレーダー 降雨情報 "高解像度降水ナウキャスト" の配信を開始する。
- 5) 詳細は国土交通省ホームページで運用 \*説明に使用した地図は Alpusmap を有償使用。

  - \*気象内容は全て気象庁データを有償使用。
  - その他の情報 画像情報は自社開発。
- 6) 限界降雨量域は、過去の降水記録から最高雨量を限界降雨量と呼び、 その前後を限界降雨量域と呼ぶ、過去のサーチ期間によりこの値は変 言葉は弊社内用語 化する。



[筆者紹介] 野村 達夫 (のむら たつお) テクノクラート(有) 代表