

## 1 はじめに

平成29年7月九州北部豪雨、平成27年9月関東・東北豪雨、平成26年8月豪雨など、近年、線状降水帯等に伴う集中豪雨による土砂災害が頻発している。風上で発生した積乱雲が次々と流れ込むことにより強雨域が数時間に渡りほとんど動かないバックビルディング型の線状降水帯が発生した場合には、甚大な被害をもたらす場合が多い。

降雨による土砂災害(土石流、がけ崩れ)に対して警戒を呼びかける情報として土砂災害警戒情報がある。土砂災害警戒情報は災害捕捉率が高く有用な情報であるが、夜間に急激に強まる雨に対して屋外避難の時間が確保できない等の課題がある。また、線状降水帯の予測は台風や低気圧とは異なり、数値予報により数時間～数十時間前に量・場所・時間について正確に降雨予測を行うのが困難であるのが現状である。

今般、気象庁数値予報GPVを用いて12時間程度先までの豪雨発生危険度を評価する手法(集中豪雨生起ポテンシャル)と、バックビルディング型の線状降水帯をリアルタイムで抽出するシステム(プロトタイプシステム)を開発し、本年の豪雨災害での適用を確認した。リアルタイム抽出に用いるデータを3次元化することで、線状降水帯内の個々の降水セルのライフステージ判定が可能か確認したので報告する。

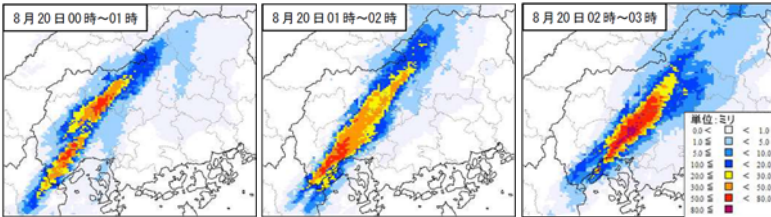


図1 平成26年8月豪雨の際の広島県付近の線状降水帯の例(気象庁HP)

## 2 集中豪雨生起ポテンシャル

使用した環境パラメータとしきい値を表1に示す。利用したGPVはLFMを用いた。土砂災害を引き起こす集中豪雨と短時間強雨を識別するためにしきい値を設定し、しきい値を超えた場合にKI、SSI、PWは各1点、両者の識別に特に有用なCFLX、SREHは重みを大きくし各5点とした計13点満点でポテンシャルを評価した。

表1 集中豪雨生起ポテンシャルに用いた環境パラメータとしきい値

環境パラメータ	指標の説明	しきい値
可降水量(PW)	大気中に含まれる水蒸気に関係する指標。値が高いほど積乱雲のもとになる水蒸気が多く、豪雨になりやすい。	>50
ショワルター安定指数(SSi)	大気不安定度を表す指標。値が低いほど下層が高温状態で大気が不安定であることを意味し、積乱雲が上空に向かって発達しやすい。一般にSSiが-3°C以下であれば、雷雨が発生しやすいとされている。	<0
K指数(KI)	SSiと同じく大気不安定度を表す指標だが、上空3000mまでの大気の湿り具合を加味している。値が高いほど大気が不安定であることを意味し、積乱雲が上空に向かって発達しやすい。	>35
ストームに相対的なヘリシティ(SREH)	風速と風向が上空に向かって変化する度合いを表し、積乱雲内部において回転する上昇気流のできやすさを表す指標。竜巻発生ポテンシャルとしても使われる。値が高いほど線状降水帯が形成されやすい。	>90
下層の水蒸気フラックスの収束量(CFLX)	積乱雲の発達のもととなる大気下層(約1500m以下)の水蒸気が周囲から集まる強さを表す指標。値が高いほど、豪雨をもたらす積乱雲が発生しやすい。	>1000

## 3 線状降水帯の抽出

50mm/h以上の降雨を含み、かつ20mm/hの降雨領域が楕円に近似できる場合を線状降水帯の条件として設定した。楕円の大きさは95%の確率長円(強雨域を95%の確率でカバーする楕円)とした。線状降水帯の面積は200km<sup>2</sup>以上、長軸の長さは40km以上とし、軸比(長軸/短軸)は線状という形状を表す要件として2.4以上とした。本検討ではバックビルディング型の線状降水帯を対象とするため、中層風の風向と楕円の走向が同一となるよう両者のベクトルの差を22.5度とした。また、線状でない形状の雨域にもかかわらず軸比等の要件を満たしてしまう楕円を棄却するため、楕円面積に占める20mm/h以上の面積は40%以上とした。

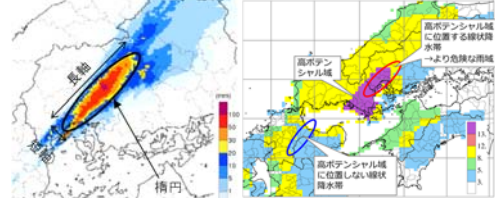


図2 線状降水帯の抽出とラック

## 4 本年の土砂災害への適用結果

平成30年7月豪雨による広島県周辺での線状降水帯抽出を行った結果を図3に示す。6日12時の時点で6時間先(18時)の予測値が高くなり18時頃に線状降水帯が検知された。その後、他地域とは異なり22時頃まで継続的に停滞した。14時～19時頃に広島県内の各市町村で土砂災害警戒情報が発表され16時～翌未明に土砂災害が多発したと考えられる。集中豪雨生起ポテンシャルは広範囲で高い状態が長時間見られ危険地域の絞り込みは困難であった。また、同豪雨で愛媛県周辺でも多くの土砂災害が発生した。図4に示す愛媛県周辺では5日22時頃、6時間先(6日4時頃)の集中豪雨生起ポテンシャルが高くなり実際に4時頃に線状降水帯を検知した。その後、6日12時頃までの約8時間にわたり線状降水帯が停滞したものの大規模な土砂災害の発生は翌7日0時～7時頃であった。



図3 平成30年7月豪雨の際の広島県付近の抽出事例

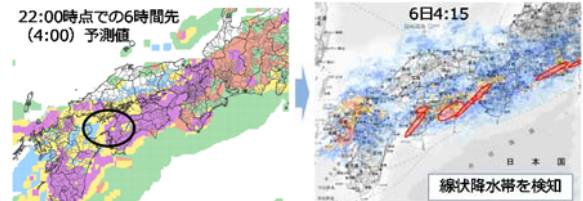


図4 平成30年7月豪雨の際の愛媛県付近の抽出事例

平成30年7月豪雨に適用したところ、集中豪雨生起ポテンシャルによる実況値もしくは予測値による評価によって大規模な土砂災害の発生もしくは線状降水帯発生の際6時間前に土砂災害の危険性の高まりを検知することが出来る結果となった。しかし愛媛県周辺の土砂災害への適用結果では線状降水帯の発生について事前にポテンシャルの高まりを把握し線状降水帯の発生を検知・監視出来たものの土砂災害の発生までに約12時間のインターバルがあった。広島周辺では花崗岩といった火山岩類が中心であるのに対して愛媛周辺では付加体を中心としており地質特性が異なる。これは地質に代表される地域特性によっては線状降水帯による土砂災害が発生しやすい地域と発生しづらい地域があることを示しているものと考えられる。

## 5 3次元観測データによる線状降水帯の判定

通常の2次元観測データを用いた現システムでは平面的な強雨域の形状等から線状降水帯を抽出しているが、線状降水帯がその後数時間停滞するかどうかの評価が難しいという課題がある。XバンドMPLレーダの3次元観測値を活用すると降水セルの発達段階(ライフステージ)を判別することができ、線状降水帯の継続の有無の判別が期待できる。ここではMPLレーダの観測値から推定した降水セル内部の粒子の構成状況から降水セルの発達段階の判別を行う増田(Xバンド偏波レーダによる積乱雲の構造解析を基礎にした降水セルのライフステージ判別と局地的豪雨予測手法の開発に関する研究、2016、京大大学院論文)の方法(図5)を用いた。図4(右)はセルが成長期から成熟期に移行するとセル内の高密度な粒子群(降水エコー強度の高い部分)が上昇から下降に転じ大粒子の割合が大きく減少することを模式図で示した。

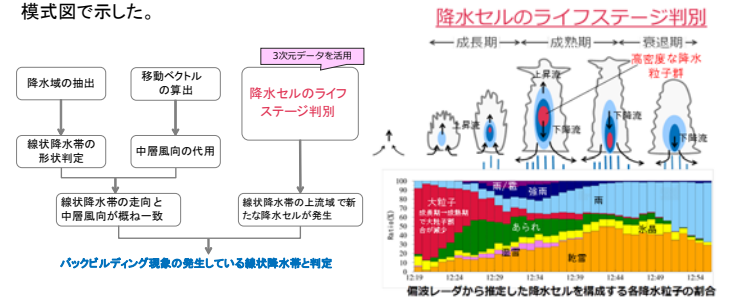


図5 3次元観測データによる線状降水帯抽出手法(左)と降水セルのライフステージ判別(右)

2014年8月広島土砂災害での線状降水帯等の抽出を試みその結果を図6に示す。0時の時点で小さな線状降水帯が存在しその風上側で新たな成長期の降水セルが現れ始めた。0時30分にはそれらが別の小さな線状降水帯となり1時に両者が合体し1つの線状降水帯を形成し、土砂災害警戒情報が発表された1時15分頃にはほとんど停滞している状態であった。広島市内で土砂災害が頻発したのは3時過ぎと考えられるが、この線状降水帯は4時前まで継続して線状降水帯として判定された。その後、線状形状ではなくなり降雨域は北東方向に移動しながら衰退していった。MPLレーダによる3次元観測データを用いることで、線状降水帯を構成する個々の降水セルについて発達段階にあるのか衰退段階にあるのかライフステージをリアルタイムで評価しつつ追跡することが概ね可能であることが確認された。

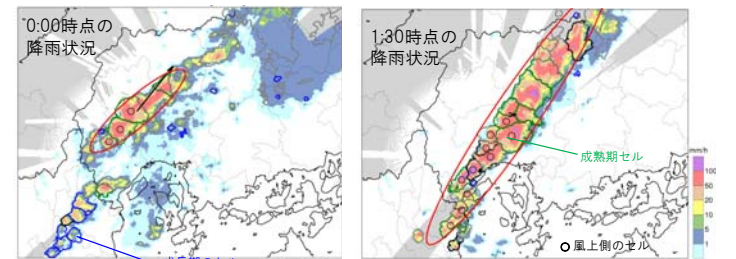


図6 3次元観測データによる線状降水帯抽出例

## 6 おわりに

3次元観測データによる線状降水帯抽出手法の高度化についてはXバンドMPLレーダだけでなく高精度なフェーズドアレイレーダ(MP-PAWR)の活用等についても検討を行ってきたい。線状降水帯等による土砂災害の危険度評価については高精度な気象データの活用による線状降水帯抽出手法の改良等を進めるだけでなく、地形・地質等の素因を考慮することでより精度の高い警戒避難のための情報発信を検討する必要がある今後の検討課題と考えている。本研究は警防省技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)によって実施された。