

台風降雨帯の地形による影響*

武田 京一**・元田 雄四郎***

要旨: 台風にともなうレインバンドおよびその中の強雨セルが地形によりどのように影響されるかを台風6411号について観測した。

観測は人吉レーダーの等雨量線指示装置によりおこない、72mm/hrの強雨セルを選んで解析した。レインバンドの中の強雨エコーの出現頻度分布と地形との関係、およびその単一セルを数多く追跡した場合のセルの出現、発達消滅の傾向を調査した。

結果の概要は、①強雨セルの発生する所、又発現地域は土地の傾斜の分布と密接な対応を示す。②地形傾度は20km程度の短い地形波長に対応がよい。③単一強雨セルの寿命は平均20分で、移動方向は700mb~500mbの風に一致している。④地形傾度が負になっても強雨セルの保存性は大きく10km以上続く。⑤台風6411号では、強雨セルの発生は九州山脈の東および南東側で、西側での発生はなかった。

1. はしがき

昭和39年8月、台風11号が九州の南西海上を西北進した際、九州中部山岳地帯を北上したレインバンドを、人吉レーダー CPM-6 により観測した。

台風11号では、中心が九州の南約250kmに近づく頃から、台風の外側降雨帯すなわち散在した点状エコーが九州に広がり始め、台風が屋久島を通り、鹿児島島の南約100kmの海上を北西に進む頃から、これらの降雨帯が九州中部を約20kmの間隔で波状的に移動した。九州中部に影響したレインバンドの中で、とくに顕著なレインバンドが、8月1日21時より2日5時までの約9時間にわたって移動した。

このレインバンドの中の強雨セルの出現頻度分布と地形との関係、レインバンド内の単一強雨セルの出現、発達、消滅について、その傾向を調査した。

2. 観測の状況

1. 観測の方法

台風に伴う降雨帯の観測は、人吉市にある気象用レーダー CPM-6 (波長3.2cm) でおこなった。このレーダーは雨量演算装置がついており、PPI, RHI の等強度線表示ができ、任意地点、地域の雨量強度を測定すること

ができる。

この観測には、一般的な Log 表示で観測するとともに、等雨量強度線表示による観測を多用した。等雨量強度は、7段階のレベルで表示し、Log 表示、レベル①…レベル⑦を繰返し自動的に撮影した。1段階のレベルの撮影は2掃査に1回でおこなうため、同一レベルの表示は96秒毎のパターンとなっている。

また、顕著なレインバンドや強雨エコーについては、RHI により断面の観測を等雨量強度線による表示でおこなった。

2. 等雨量強度線の検討

等雨量線は、雨量演算装置の点雨量計算値の等強度地点を平面的に表示するもので、この雨量強度は点雨量計算値で検討できる。一般に3.2cm波長のレーダーでは、途中降雨による電波の減衰を無視できないが、このレーダーでは雨量演算過程で、レーダー方程式の減衰項を忠実に考慮した減衰補正回路により減衰の補正をおこなっている。

この台風降雨帯の観測の際、地上雨量計による雨の観測を併用したが、レーダーによる点雨量の測定値と、雨量計のそれとは次のような関係となっている。

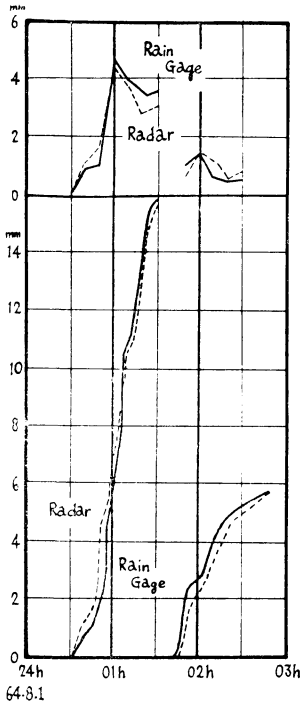
あらかじめ、レーダー点雨量測定地点 (16.2km 72°) とこれに対応する地上雨量計 (多良木栖山) との同一観測時間 (8月2日 0h 30m~3h 00m) における積算値の比較を行なったところ、レーダー 4.8mm、地上雨量計

* Effect of orography on typhoon rainbands.

** Kyoiti Takeda, 九州大学農学部

*** Yūshiro Motoda, 九州電力総合研究所
—1965年10月25日受理—

21.5mm で、レーダーの補正係数として 4.5 を得た、それで、以後はレーダーによる観測値を 4.5 倍することにした。一例として、1964年2月1日のそれぞれの10分間雨量を積算したマスカブを第1図に示すが、互によく一致しているのが見られる。



第1図 レーダーと雨量計による雨量強度測定
の比較例。測定地点、多良木栖山（レーダー
より 72°, 16.2km）

以上のように、この台風の雨の粒度分布が著しくかわらないと仮定した場合、等雨量線の各レベルは、レベル① 1.125mm/hr, ② 2.25mm/hr, ③ 4.5mm/hr, ④ 9.0mm/hr, ⑤ 18.0mm/hr, ⑥ 36.0mm/hr, ⑦ 72.0mm/hr の雨量強度を示すことになる。

この調査には、レベル⑦ 72mm/hr 以上の強雨セルについて解析を行なった。

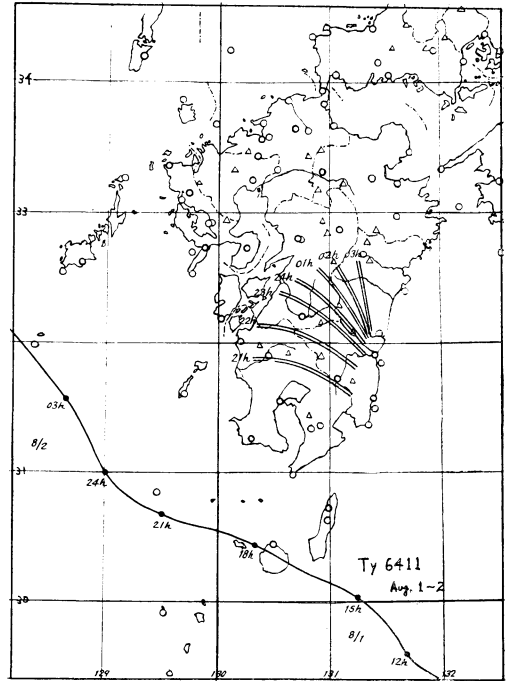
3. レインバンドの移動と強雨セルの動き

1. 台風の経路とレインバンドの走向

解析の対象としたレインバンドは、台風が鹿児島島の南 110km 付近を通過した頃（8月1日18時）、九州南部を 270° 方向によぎっていた。このレインバンドは、中心より 150km 程度離れていたため、スパイラルの円弧は直線に近かった。台風が西北進するにしたがい、傾きは NW 方向となり、この頃からはレインバンドの動

きはかなりかんまんになった（第2図）。

このように、レインバンドの傾きが九州脊梁山脈を NW 方向を維持して移動したことは、地形によるレインバンドの影響をみるには好都合であった。ここでは走向が NW 方向に近い時期、8月1日22時から2日02時を対象として調べた。



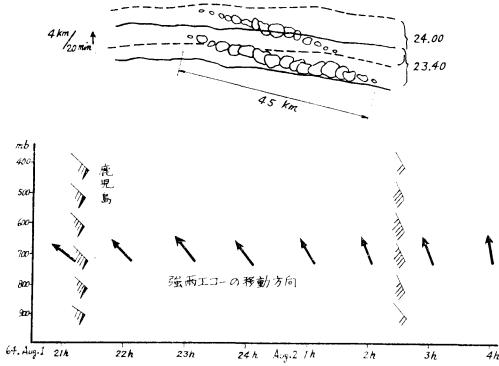
第2図 台風経路とレインバンドの傾き

2. レインバンド内の強雨セルの動き

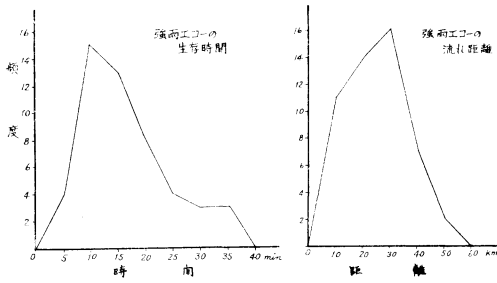
強雨セルの追跡のため、レベル⑦で表示した96秒毎の PPI 写真によって、レインバンドの中の単一セルを拾い出し、トレーシングペーパーに転写し、その動きと拡がり調べた。レインバンドの北上の間（約4時間）、これらの単一セル50コをとりあげた。

台風11号の場合、九州中部におけるレインバンド全体としての動きはきわめておそいのにくらべ、その中の降雨セルは、かなりはやい動きを示した¹⁾。移動方向と速度は、第3図のように鹿児島島の 700mb~500mb あたりの風に一致しているように思われる²⁾。セルの流れる速度は平均 32m/s、レインバンドの走向との偏角は約 8 度となっている。

3. 強雨セルは、ある地域で小さい点状に発生し、生長しながら移動してこつ然と消滅する例が多い。72mm/hr 強度の強雨セルの寿命は、第4図のように大体 10~



第3図 降雨帯の動きと強雨エコーの移動。
700~500mb の風向と一致している。



第4図 強雨エコーの寿命と移動距離

20分、流れる距離は 10~40km の間が多い。

強雨セルの RHI 写真によれば、72km/hr 以上の強雨セルの場合、エコー高度は 7,000m~11,000m に達し、弱い雨域にブライトバンドが存在している場合でも、これらの強雨域にはブライトバンドは認められず、対流のはげしいことを示している。また、これらの強雨セルの中における雨量強度は、3,000m 以下で最大となっているのが認められた。

4. 強雨セルと地形の関係

1. 強雨セルと地形傾度の関係

台風の雨の場合、傾斜した地形の風上で、斜面滑昇による上昇気流が強雨をもたらすことはよく知られており、地形に各方向成分の風速と比湿を考慮して、地形性降雨のパターンを計算する試みがいくつか行なわれている³⁾⁴⁾。ここでも同様のことを試みたかったが風の推定が困難に思われたので、単に地形こう配と強雨セルの増減の関係のみを調べることにした。そのために、通常地形の表現としてよく行なわれているように、対象地域を格子目に区切り、その交点の標高Hをいくつかの波長の合成として表わす。

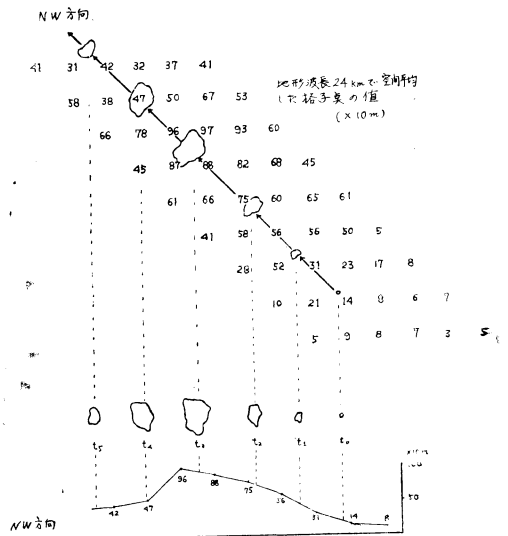
$$H = (H - \bar{H}) + (\bar{H} - \bar{\bar{H}}) + (\bar{\bar{H}}) \dots \dots \dots (1)$$

格子間隔は、地形図から卓越した波長を求め、その1/4の距離をとる必要があるが、九州中部の場合この値を3kmとした。 \bar{H} はHの交点から3km離れた4格子点の空間平均、 $\bar{\bar{H}}$ は6kmの空間平均として表わした。したがって(1)式の第1項は12km、第2項は24km、第3項は48km以上の地形波長をあらわすことになる。

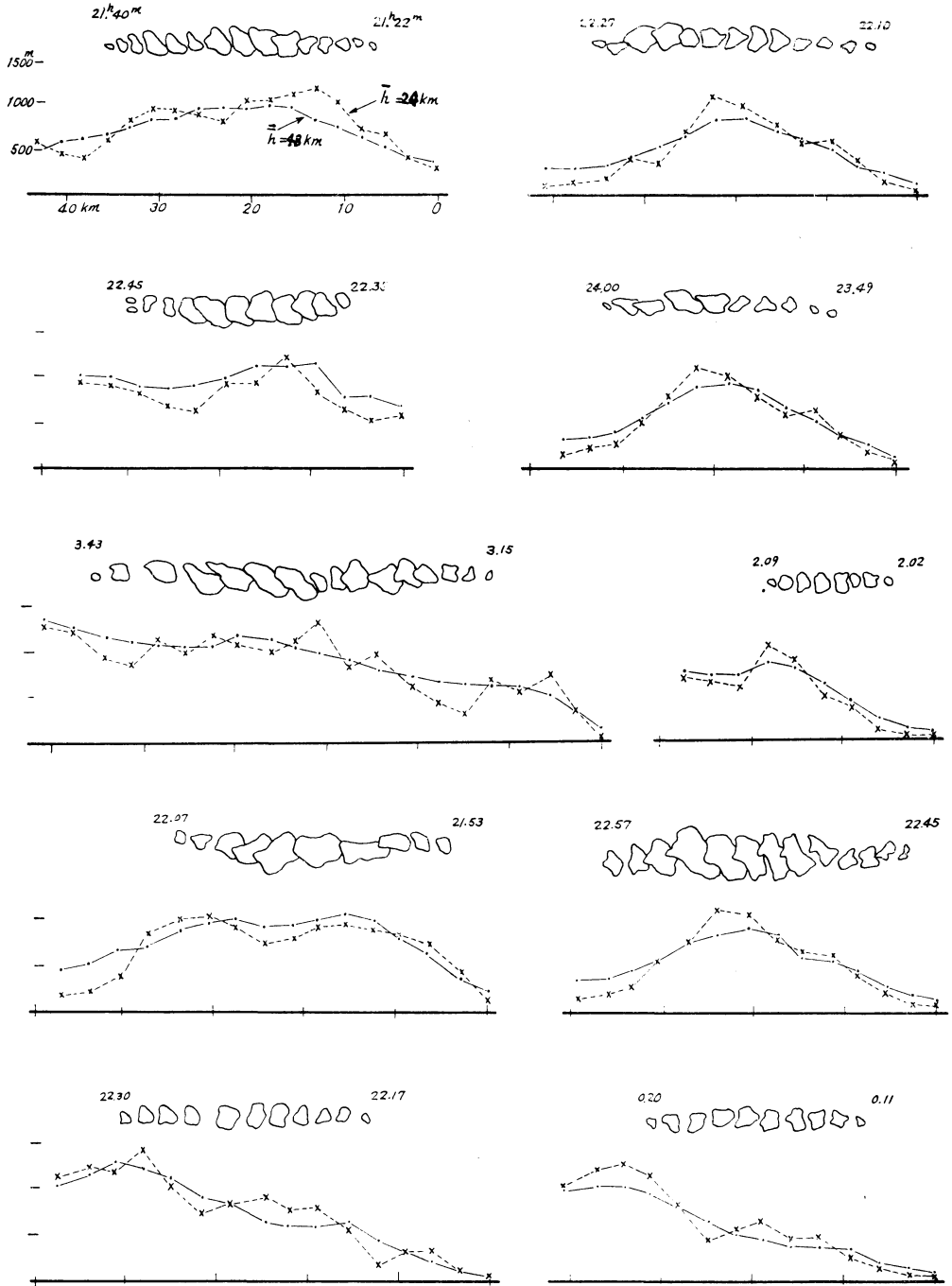
以下得られたデータの関係でレインバンドが九州中部山脈を通過する期間のうち、強雨セルの動きがNW方向、すなわち地衡風が135°方向である場合の地形こう配と、強雨セル増減の対応について調べることにする(第5図)。そのためにまずセル面積の一定時間後の増減と、その移動した距離に対応する波長別地形の高度差との相関を求めた。これによれば、バラツキはかなりあるが、24kmの波長のものが最も相関がよかった。(r=0.62) すなわち台風にもなう強雨セルは、割合短い波長の地形に対応しているようである。第6図は24km(破線)と48km(実線)の波長に相当する地形と強雨エコーの対応の様子を示したもので、大体において、強雨エコーはこう配が正の場合に発達し、負の場合に減衰することがわかる。しかし細部においては逆の場合もあり、それはここに顧慮されなかったようなじょう乱がきいたものと思われる。

2. 強雨セルの発生、発現地域

地形波長24kmであらわした地形こう配(風向SEと



第5図 地形こう配とセル面積増減との関係を求める方法、t₁ t₂……における高度差とセル面積の増減をよみとり、相関を求めた。



第6図 地形こう配と強雨エコーの対応

した)の等傾度線図に、強雨エコーの発生地点をプロットしたものが第7図である。個々のエコーの発生はかなりちらばっているが、一般的傾向としてはこう配が急な

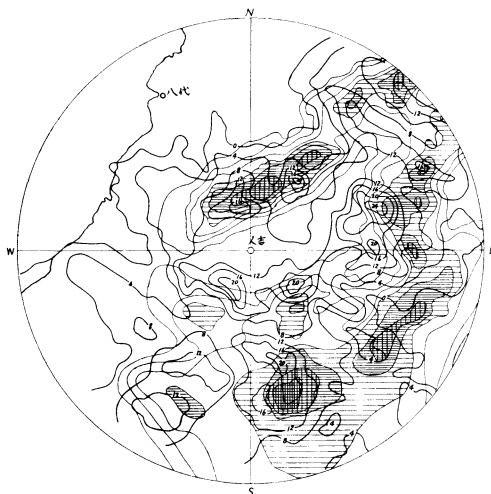
所、およびその少し前に発生が多い⁵⁾。また、九州山脈の東側が圧倒的に多く⁶⁾、鹿児島県北部霧島山系にもみられる。

人吉レーダーの場合、周囲が山があるため、PPI 観測のためには仰角を大きくする必要がある。6411号の場合、仰角 4.5° で観測をおこなったため、50km のレンジでは 2,900m~3,800m の空間を掃査していることになる。RHI で見た場合、雨量強度がレベル⑦以上の高さは 5,000m までのびており、エコーの立体的拡がりは大きくなかった。それで 4.5° で測定したレベル⑦の強雨セルは、レンジ内では一応発生や面積の増加は低仰角掃査によるものに近いとみなした。発生頻度の大きい地域の東側（レーダー、レンジ外を含む）の地上雨量計に、72mm/hr 以上の雨量強度が発生している場合もあるが、この傾向は平地に行くにしたがい少くなっている。

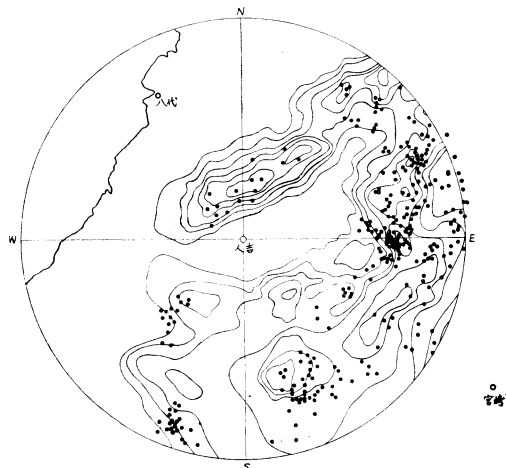
次に強雨エコーの発現度数を調べるため、PPI 内を 2 km 毎の格子にわけ、各格子内を通過した強雨エコーの頻度を数えた。エコー面積が大きい場合、1つのエコーがいくつかの格子にまたがり、結果的には頻度が多いことになるわけである。このように、強雨エコーの発現頻度分布と NW 方向の地形傾度のパターンとの関係を第 8 図に示す。

強雨エコーの発現頻度分布、すなわち強雨になりやすい地域は、大体において地形とよく対応しているが、よく見ると等傾度線が密な所（勾配が急な所）よりむしろやや風下の方に生じているようである。第 9 図は、23 の例を取り強雨エコーの移動状況を模図したものであるが、この場合も傾斜が急な所を過ぎて増大している傾向がよくうかがわれる。

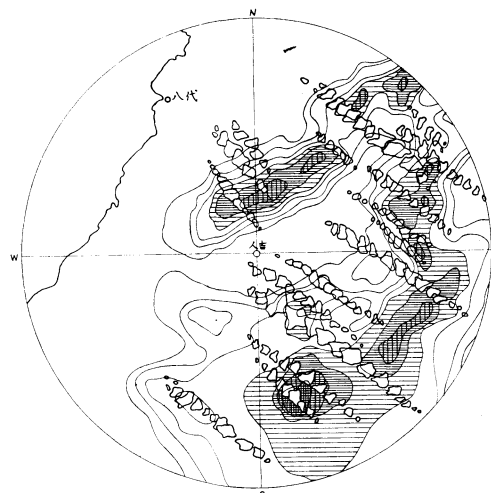
台風時の雨量分布図よりみても、九州の場合あるきまったパターンがあり、宮崎県山間部、宮崎県北部、鹿児島県北部で特徴のある雨量分布を示すことは、一般的によく知られている。これらの雨量分布は、強雨エコーの出現頻度分布によく対応している。台風にとまらぬ降雨の分布が地形によって甚だしく影響されることは、以上の強雨セルの追跡から説明できるとともに、山岳地帯における雨量分布の成因についての解釈ともなる。



第 8 図 強雨エコーの発現頻度分布
レーダー PPI 面積を 2km の格子目にとりこの格子目を通じた強雨セルの発現した回数の分布図である。ハッチの密な所は地形勾配が急な所を示す。



第 7 図 強雨エコー発生地点の分布
黒丸は発生地点、等値線は地形波長 24km 等傾度線を示す。



第 9 図 強雨エコーの移動状況

側でかなり長い間保存された傾向は、台風が九州の東側を通った6420号の場合も見られ、しかもほとんど同じ場所に同じ形で停滞した。この場合は、台風後面にもなった降雨帯であったが、これらの傾向は、台風の収束が地形により影響されていることを示すものと思われる。

5. むすび

台風にもなる降雨帯とセルの動きについては、各地のレーダーでかなり多くの観測がおこなわれており、地形との関係も検討されている。しかし、台風にもなる降雨量は、強雨セルによって甚だしく左右されることや、レインバンドを形成している強雨セルの詳細については十分知られていなかった。ここでは、等雨量線指示装置によりとくに強い降雨セルを主として、その地形との関係、すなわち発生、発達、消滅過程について研究をおこなったものであるが、結果として次のことがいえよう。

- (1) レインバンド内の単一強雨セルの寿命は、6411号の場合平均20分、移動速度32m/sで、700mb～500mbの風に一致している。
- (2) いくつかのレインバンドが通過する際、強雨セルが発生する所はレインバンドの傾きが同じであれば同じ場所に現われやすく、また、発生は九州山脈の東側で、西側にはほとんどない。
- (3) 強雨セルの発現頻度分布は、地形傾斜の分布によく対応しており、地形波長は20km程度の短かい波長に対応がよい。

- (4) 強雨セルには保存性があり、地形こう配が負になってもすぐには減少せず、むしろすこし増大してから減少する傾向がある。
- (5) 強雨エコーの高さは7,000～11,000mに達し、ブライトバンドは観測されない。

なお、この観測に使用した気象用レーダーは、日本人工降雨研究協会が科学技術庁の委託をうけて人吉に設置したものである。

参考文献

- 1) Doi, K. (1961): Formation and Movement of Precipitation Bands, *Geophys. Mag.* **31**, 313～330.
- 2) Ligda, M.G.H. and W.A. Mayhew (1954): On the Relation ship between the Velocities of Small Precipitation Areas and Geostrophic Winds, *J. Met.* **11**, 421～423.
- 3) 今田克 (1960): 広島県の雨量予報について, *研究時報*, **12**, 724～743.
- 4) 内田泰, 大西正信, 岡林昌弘 (1961): 奈良県の雨量分布と地形による降雨について, *研究時報*, **13**, 160～164.
- 5) 今井一郎, 柳沢善次, 廖学益 (1960): 1957年8月5日～8日の関東地方の局地性大雨のレーダーおよびメソ解析, *研究時報*, **12**, 9～37.
- 6) 伊藤剛男, 椎葉盛澄 (1963): 宮崎県のこう水予報のための雨量調査, *研究時報*, **15**, 164～171.
- 7) 桜井兼市 (1962): 降雨セルの移動について, *天気*, **9**, 361～365.

「秋雨前線について」のお知らせ

従来、梅雨現象に対応する「梅雨前線」は気象用語として広く用いられてきたが「秋の長雨（秋霖—しゅうりん—）」に対応する前線には名前がなかった。

しかし昭和34年頃から報道関係者の間でこの前線が「秋雨前線」と呼ばれることが多くなり現在では一般でも使われるようになった。

気象庁で検討した結果、年によって遅速、長短はあるが、9月中頃から10月中頃にかけて従来「秋霖」と呼んでいた秋の長雨があり、その頃に前線が日本列島に沿って停滞することは事実である。この前線は梅雨期の梅雨

前線ほど顕著ではないが秋のくもり空や、長雨の原因となり、またしばしば台風と結びついて、日本に大雨を降らせ、災害をおこすから停滞性の前線に何らかの名前をつけて、それを予報用語とすることになった。

「秋雨前線—あきさめぜんせん—」と呼び「しゅうりょうぜんせん」と云わない。

報送関係者により気象現象を適確に表現するために用いられたニックネームが予報用語になったのは近年の例として「集中豪雨」について二度目である。

(藤井幸雄)