

日本気象学会 沖縄支部だより

発行：日本気象学会沖縄支部事務局

〒900-8517 那覇市樋川 1-15-15

那覇第一地方合同庁舎

沖縄気象台業務課気候・調査室内

平成 20 年度（2008 年度）沖縄支部総会報告

1 支部長あいさつ(概要)

本年 4 月に沖縄気象台に着任し、先の理事会において支部長をおおせつかりました鉢嶺と申します。もっぱら地震火山分野の仕事をしてきた者ですので、気象の専門家ではありませんが、支部活動が一層前進するよう微力を尽くさせて頂きたいと思いますので、よろしくお願い致します。

さて、大変お忙しい中、本総会へ多数の会員の皆様に御出席いただきありがとうございます。本日は、昨年度の活動も踏まえつつ、今年度の事業計画のご審議を頂くこととなっております。

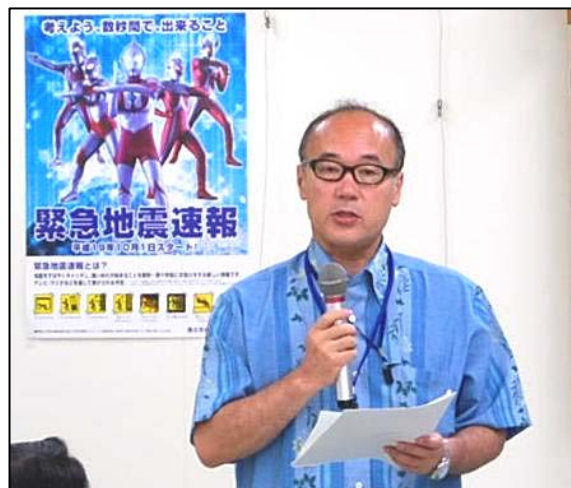
昨年度は、沖縄支部研究会を沖縄気象台管内気象研究会との共催との位置づけで開催したほか、沖縄気象台等と共催により「防災気象講演会」及び「親と子のお天気教室」を開催いたしました。また、沖縄支部だよりの内容の充実を図り、県内の全中学校・高校に配布するとともに、平成 18 年 10 月に開設しましたホームページの充実にも取り組んだところで

す。これらの気象や気候に関する普及・啓発活動はもちろん、本支部は、沖縄が海洋に囲まれた亜熱帯気候にあること、台風常習地帯であることを背景として、気象学の発展に貢献してきたところであります。

しかしながら、組織面で見ますと、平成 20 年 4 月現在の会員数は 86 名となっており、暫減傾向が続いており、当支部の課題となっております。

一方、近年の自然災害の多発や地球温暖化問題の顕在化により、社会が気象や天候に大きな関心を有しており、その解明が進むことや最新技術による情報が提供されることを期待していることも事実です。このような中、当支部として、社会の関心に応えつつ気象学の一層の発展をめざすため、会員増等を含め組織を強化する努力を行うとともに、やや中長期的な視点から支部活動を組み立てていくことが必要と考えています。限られた人的資源の中で支部活動をしなければならないことも御理解いただき、皆様のご支援をお願いしたいと思います。

本日は、このような観点も含めまして、皆様から有意義なご意見、ご提案をいただけることを期待しまして、私の挨拶とさせていただきます。



鉢嶺 猛 沖縄支部長

2 総会の概要報告

総会では、事務局より、平成 2007 年度の活動及び決算報告、2008 年度の活動内容案と予算案等の提案が行われ、全会一致で事務局案が承認されました。

特に、2008 年度の重点を置いた取り組みとして、県内における気象学の発展及び学会員の底辺拡大を目的として、例えば教育委員会や校長会と協力して、理科教育に対して支部が協力できる企画を行うなど、数年先を見通した中長期的な視点に立って、支部活動の組み立てを行うことが提案され、全会一致で承認されました。また引き続き、支部便りについては、学校現場への配布を継続しますが、今年度から新しく始まる科目「四季の天気」と「海洋と大気」についても連載していくことが承認されました。



総会の様子

★ 総会で挙げられた意見 ★

- 防災気象の面から、琉球大学島嶼防災センターとの共同して何かできないか。
- 底辺拡大の面から、琉球大学学生の勧誘、島嶼防災センター職員の勧誘も必要では。
- 学校現場での気象学の普及でいえば、気象台から出前講座として協力できるし、沖縄支部も支援する。
- 学校現場では、気象の教育に割く時間は極く限られている。しかし、今年度から方針が変わり、四季の天気 of 授業が始まる。また、新しく海洋と大気の授業項目が設定される。海洋と大気という切り口での授業は初めてであり、理科担当教師として不安を感じている。沖縄支部の支援をお願いしたい。
- 県内中学校・高等学校には2年間、支部便りを配布してきたので、沖縄支部の存在を十分アピールできたと考えている。今後は、支部HP を利用してもらい、今年度は小学校教諭を対象に送付したい。

3 支部会員への臨時報告(重要)

鉢嶺支部長より、会員拡大の方法の一つとして、沖縄支部の存在を社会にアピールすることはできないかとの提案があり、事務局では、シンポジウムの開催についての企画案を作成し、支部理事から承認を得ました。このことから、平成20年度の沖縄支部予算については、シンポジウム開催を考慮した修正を行いましたので、ご報告します。

なお、シンポジウムのテーマは、「豪雨・竜巻・雷等の激しい気象の実態に迫る」とし、当支部として沖縄気象台及び(株)沖縄電力と共催で開催し、基調講演として、気象研究所と沖縄気象台、沖縄電力からそれぞれ講演をお願いすることで調整済みです。会員の皆様には、シンポジウムの内容が固まりしだい、開催のご案内をいたします。

(事務局)

2007年度決算

(2007年4月1日～2008年3月31日)

収 入				支 出			
項目	予算	決算	増減 (決算-予算)	項目	予算	決算	増減 (決算-予算)
前年度繰越金	225,149	225,149	0	会議費(理事会及び総会)	40,000	17,200	△ 22,800
支部交付金 ^{※1}	308,000	299,600	△ 8,400	支部研究会誌印刷費	70,000	3,166	△ 66,834
雑収入	0	0	0	支部研究会出席旅費補助 ^{※2}	90,900	56,100	△ 34,800
預金利息	1	339	338	親と子のお天気教室	10,000	10,000	0
				防災気象講演会費	10,000	10,000	0
				通信費(切手代) ^{※3}	40,000	85,660	45,660
				事務費	5,000	16,890	11,890
				支部だより印刷費 ^{※4}	100,000	105,000	5,000
				非常勤雇用費	12,000	0	△ 12,000
				支部活動費	20,000	0	△ 20,000
				予備費	135,250	3,600	△ 131,650
合計	533,150	525,088	△ 8,062	合計	533,150	307,556	△ 225,594
繰越金				支出決算合計		217,532	

※1 (会員数割 1200円/人 × 83人) + (定額 200,000円) = 299,600円

※2 (石垣-那覇) × 1名、(久米島-那覇) × 1名 の往復旅費

※3、4 支部だよりを学校などへも送付(印刷および郵送料)

4 平成20年度沖縄支部第19期役員名簿

平成20年度沖縄支部19期投票が6月25日に(水)締め切れ、開票の結果、支部会員過半数を超える54票の投票があり、全票一致で下記のとおり承認されましたので報告します。

【沖縄支部理事】 (氏名は50音順)	
赤枝 健治	沖縄気象台
(第35期沖縄地区理事兼務)	
喜納 宏之	沖縄気象台
金城 文正	那覇航空測候所
高嶺 武	沖縄気象台
(「天気」沖縄地区編集委員)	
堤 純一郎	琉球大学
鉢嶺 猛	沖縄気象台
久木 幸治	琉球大学
新屋 勉	南大東島地方気象台
野村 島夫	宮古島地方気象台
比嘉 正則	石垣島地方気象台
【監 事】	
大城 貞昭	沖縄気象台
玉城 和男	同
【幹 事】	
宮里 勝男	沖縄気象台
裁 吉信	同
宮里 智裕	同

2008年度沖縄支部予算

項目	08年度予算(総会承認)	08年度予算(修正:シンポジウム考慮)	増減
会議費(理事会及び総会)	20,000	10,000	▲ 10,000
支部研究会誌印刷費	50,000	50,000	0
支部研究会出席旅費補助	84,320	84,320	0
親と子のお天気教室	0	0	0
防災気象講演会費	0	0	0
通信費(切手代)	100,000	10,000	▲ 90,000
事務費	10,000	1,000	▲ 9,000
支部だより印刷費	100,000	100,000	0
非常勤雇用費	12,000	0	▲ 12,000
支部活動費	20,000	10,000	▲ 10,000
予備費(シンポジウム実施に当てる)	120,813	251,813	131,000
合計	517,133	517,133	0

シンポジウム実施予算計画書

項目	予算(円)	決算(円)	備考
講師旅費	80,000		航空—沖縄(二泊三日)、旅費、日当含む
会場使用料	18,000		沖縄ホール(3,600×5時間)、設備費含む
シンポジウム配布資料			内訳:
チラシ(広報用)作成費	25,000		光沢紙(一摺め100枚) × 2500円 × 6 = 15,000円
			中性上質紙(1箱(5000枚) × 2800円 × 2箱) = 28,000円
郵送料(広報関連)	25,800		120円 × 100名(支部会員(気象台以外)、気象友の会、気象台OB、大学、研究機関、その他) = 12,000円
謝金	16,600		8,300円 × 2時間(沖縄講師)
司会者謝礼	10,000		
交通費	3,000		1000円 × 3名(沖縄、糸満市、琉大)
アルバイト日当	12,000		6000円 × 2名
花束	5,000		
横断幕	5,000		90cm × 3m、交渉済み
その他	10,000		シンポジウム実行委員の飲み物、弁当代
予備費	41,413		
合計	251,813		



カナダ気象局 David Hudak 博士による 「社会的に影響が大きい天気現象へのカナダ環境気象局 C バンド レーダーネットワークの利用」の気象特別講演報告

琉球大学理学部 遊馬芳雄

2008 年 8 月 4 日 15 時から気象庁沖縄気象台 8 階会議室において、気象庁沖縄気象台と日本気象学会沖縄支部との共催で、カナダ気象局 David R. Hudak 博士の気象特別講演会が開かれた。講演題目は「High Impact Weather Applications of the Environment Canada C-band Radar Network (社会的に影響が大きい天気現象へのカナダ環境気象局 C バンドレーダーネットワークの利用)」である。Hudak 博士はカナダ気象環境局雲物理・激しい気象現象研究部門の所属でキングシティレーダー研究施設所長である。ハワイで開催された気象衛星会議に出席後の沖縄訪問で、気象庁沖縄気象台と(独)情報通信研究機構(NICT) COBRA 偏波気象レーダー及び研究施設視察のための来日であった。講演会では、はじめに、鉢嶺台長/支部長による歓迎の挨拶がありその後、Hudak 博士による約 1 時間の講演と 30 分に亘る熱心な議論がなされた。英語による講演であったが、参加者は 24 名にも達した。この報告では講演内容を簡単に報告する。

カナダレーダーネットワーク整備の進行状況を図 1 に示した。1950 年にはじめてのレーダーが導入されて以来、徐々に台数を増やし、2004 年に現在の 31 台のレーダーでネットワークが完成した。カナダは北極圏を含め膨大な国土を持っているが、レーダーネットワークがカバーしているのはアメリカとの国境に沿っての南の地域だけである。ネットワークがカバーしている国土の面積比は小さいが、人口比で見ると全人口の 80%程度がカバーされているとのことで、レーダーネットワークの構築計画としてはこれで完成しているとのことである。波長は S バンドの 1 台を除いてすべて C バンドレーダーである。80 年代半ばからドップラー機能が随時追加され、現在

では 31 台すべてがドップラー機能を備えている。

このレーダーネットワークは Canadian Radar Decision Support System (CARDS) と呼ばれ、激しい天気現象予報のための支援システムとして現業予報に役立てられている。この支援システムは、今年の夏に行われた北京オリンピックの予報業務でも、アメリカ、オーストラリア、中国、香港の各気象局気象予報支援システムとともに、気象支援ツールとして活躍した。

カナダ環境気象局レーダーネットワークの 1 つにキングシティレーダーがある。このレーダーは、1984 年に設置され、カナダの大都市トロント域をカバーしている。このレーダーはカナダ気象局の研究用レーダーも兼ねていて、2002-2005 年には偏波機能が追加され、ドップラー機能とあわせてマルチパラメータレーダーと呼ばれている。その諸元と写真を図 2 に示した。2005-2007 年にマルチパラメータの利用方法が検討され、現在はその検証実験段階である。この講演では、その利用例と有効性の紹介があった。

まず第 1 に、マルチパラメータレーダーの有効性の 1 つに降雨減衰の補正がある。すなわち、非常に強い降水中では電波減衰も強いので、その背後ではレーダーの送信波が弱められてしまい、もし、強い降水があっても降水量を過小評価してしまう。例えば、2005 年 8 月トロント郊外の集中降雨で道路に沿った川が氾濫し道路を陥没させてしまう事例があった(図 3 上図)。左上の図を見る限りまさか水面下にこんなに大きな穴が空いているとは思わない。恐ろしい写真である。これをキングシティレーダーで観測すると前方に強い降水エコーがあり、電波減衰のために通常行われているレーダー反射強度(Z)情報だけの降水強度見積では過小評価してしまう。

National Radar Project (Program)

MSC investment
in Critical Technology

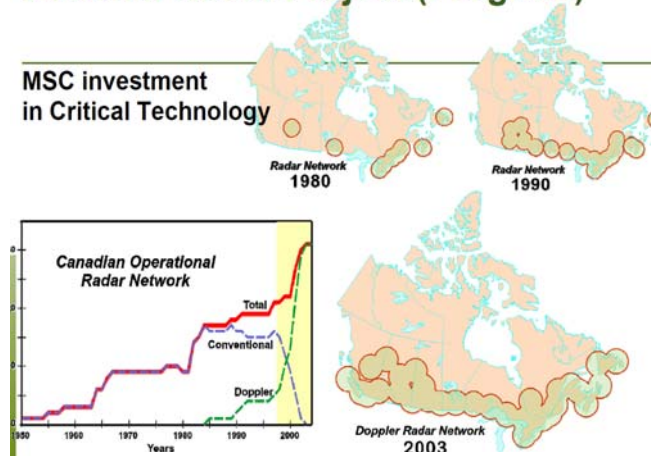


図 1 カナダレーダーネットワーク整備の進行状況。

King Radar (WKR)

Radar Characteristics:-
Diameter 6.1m
Beamwidth 0.62°
MDS < -40dBz @ 1km
Band C
Polarization Simultaneous H/V (slant-45)

Data Collection:-
1) CONVOL
Radar scans top to bottom in 24 elevations ranging from 24.7° to 0.3° collecting dual-pol data. Maximum range is 256km. Data resolution is 1km x 1°.
2) POLPPI:-
High resolution 0.5° elevation dual-pol scan at 1/4 km x 0.5°. Maximum range is 112km.
3) Doppler:-
Three Doppler PPI's at 0.5°, 1.5° and 3.5° data resolution of 0.5km x 0.5 degrees. Maximum range is 112km.

Cycle is repeated every 10 minutes.



図 2 キングシティレーダーの諸元(左図)と写真(右図)。

そこで、偏波パラメーターであるレーダー反射因子差(Z_{DR})と偏波間位相差(ϕ_{DP})を使ってレーダー反射強度を補正し、補正したレーダー反射強度を使って降水強度見積を再度行う。そのようにして得られた降水強度を時間積算して積算降水量に変換する。積算降水量の補正を行った場合(赤線)と行わなかった場合(青線)を比較した図が図3下図である。両者の値は19:30UTC位まではほとんど変わらないが、わずか30分後の20:00UTCには両者には4倍もの差が出ている。しかも、30分間で積算降水量が80mmと20mmで60mmの差である。偏波レーダーを利用した降水量推定は我が国でも関東地方で防災科学研究所を中心にして試みが始まっている。今年の夏は連日のように本州各地で短時間に集中する降雨が発生し沢山の被害が出てしまった。まずは観測で現象をおさえないことには対策も立てられないと思うので、今後我が国でも重要になる取り組みだと思う。

マルチパラメータレーダー利用のもう一つの利点

心円状に観測されることがある。前線がレーダー観測域を通過すると2つの気団の温度が異なるので融解層、すなわち、0°C層の高さが2つの気団で変わり、ブライトバンドの高さも2つの気団で変わってくる。もっと温度差が強くなるとブライトバンドが同心円状ではなくて線状に横に並んでしまう。その例を図5に示した。左図のレーダー反射強度画像を見ると南西から北東にかけて带状にレーダー反射強度が強いエコーが出現している。これは带状のエコーは降水強度が強いわけではなくてブライトバンド、つまり、融解層が横に並んだ前線面を観測しているのである。偏波間相関係数(ρ_{HV})は融解層、すなわち、濡れ雪で小さな値を示す。右図の偏波間相関係数画像を見ると南西から北東にかけて出現した带状の強いレーダー反射強度エコーに対応して偏波間相関係数が小さな値の領域が出現している。他の偏波パラメータや気温などから、この領域の南東では雨、北西では雪が降っていたことが分かる。すなわち、反射

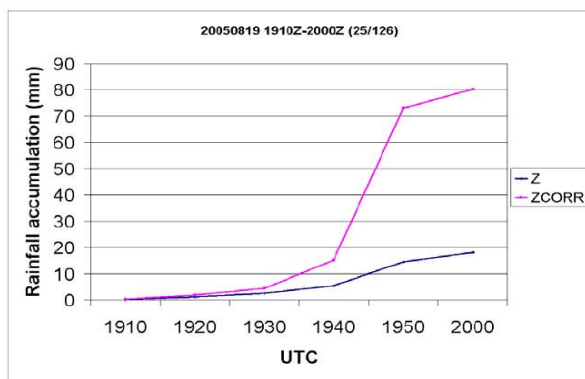


図3 短時間の集中豪雨による道路陥没(上図)と積算降水量(赤線:補正後のレーダー反射強度より推定, 青線:補正なしのレーダー反射強度より推定)。

は、雨粒や雪粒子、霰、雹などの降水粒子判別である。特に、雹は竜巻と共に起こることが多く、激しい気象現象検出の大きなテーマである。粒子判別は様々な偏波パラメータを組み合わせでファジーロジックで判定される。例えば、今年6月23日の降雹の事例を示す。この日は竜巻の報告もあった。市民が撮影した降雹の写真を図4左図に示した。雪のように白く積もって見えるのが雹である。この時の粒子判別結果を示したのが図4右図である。丸印を示した部分が雹と判定された場所である。雪と雨の判別も重要である。普段のレーダー画像を見ていると融解層がブライトバンドとして、レーダーの中心に同

強度画像で見られる带状の強エコーは融解層、すなわち、ブライトバンドで、前線面にも対応していたことが分かるのである。降水量の推定の立場からすると、降雨減衰があるものの雨滴、すなわち、水滴の性質はよく知られていて、形状も比較的単純である。降雪に関してのリモートセンシングは非常に難しく、その原因にまず挙げられるのが、形状の複雑さである。雪粒子の形状、すなわち、結晶形や着氷、付着(雪片)の様子、また、過冷却水滴とも混在する混合雲で、降水量の推定に大きな差が出てしまう。偏波情報によって降水粒子の情報が得られると降雪量推定に威力を発揮することが期待されている。

現在、TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) 衛星の後継機として GPM (Global Precipitation Measurement) 衛星打ち上げが計画されている。GPM 衛星では2周波のレーダーを使って、全球的に降水分布を計測することを目的としている。偏波情報で得られた結果は全球降水分布推定にも貢献することも期待されている。

最後に、お忙しい中、講演会に参加していただいた方々、講演会をアレンジしていただいた方々にこの場を借りて感謝の意を表します。どうも有り難うございました。

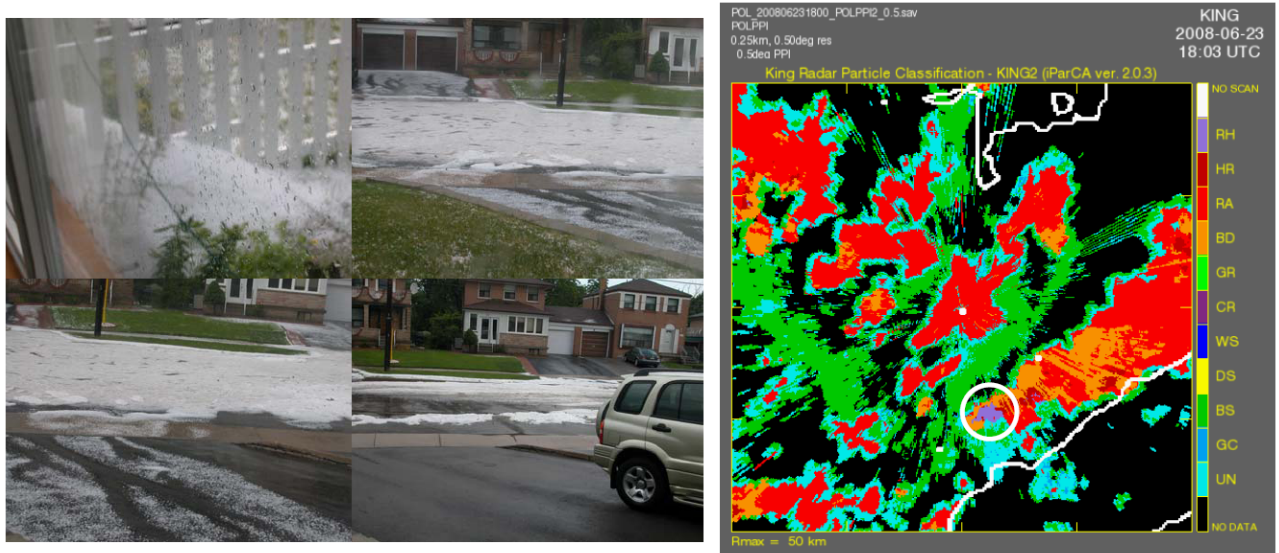


図4 市民から通報された降雹の写真(左図)と偏波パラメータによる粒子識別画像(右図). 右図の白丸が降雹を表す。

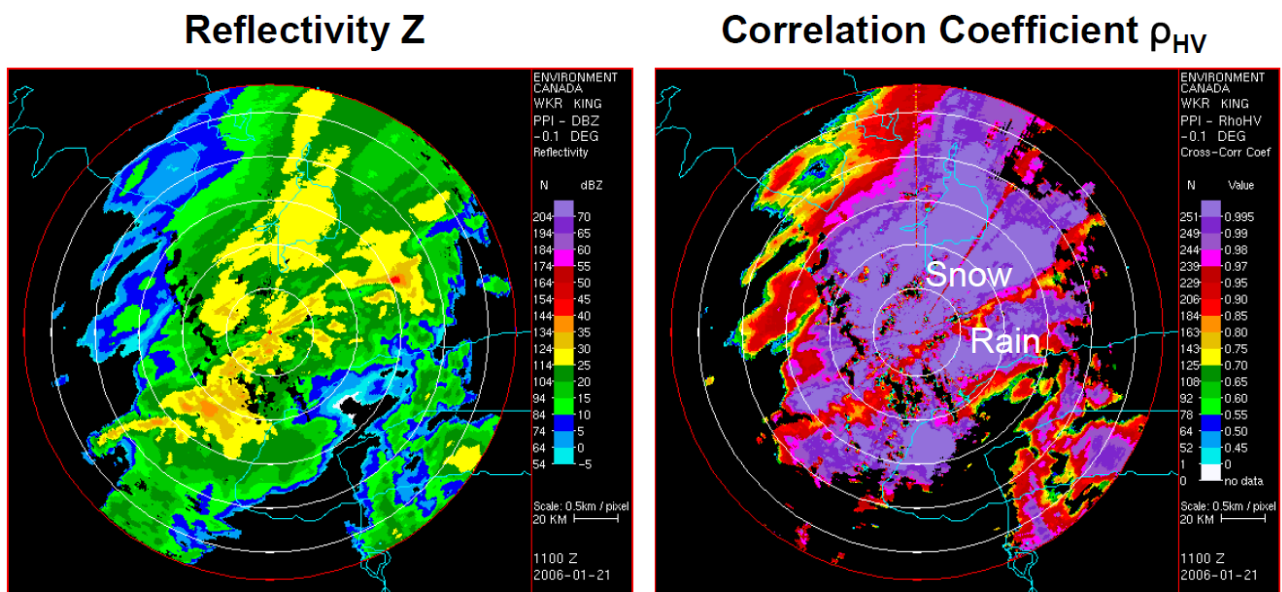
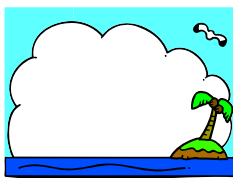


図5 大きな温度差を持つ前線通過時のレーダー反射強度画像(左図)と偏波間相関係数(右図).



理科担当教諭のための基礎講座その①

大気と海洋

琉球大学理学部 久木幸治

1. はじめに

海水は滞留しているわけではなく、常に動いています。この海水の流れの一つに海流があります。海流とは、川のようにほぼ一定の向きや速さで流れる海の流れのことです。海流の例として、黒潮、親潮、対馬海流などがあります。この海流と似た言葉として潮流というのがあります。潮流とは潮の干満に伴って生じる流れのことで、一般に海流とは区別して用います。はじめに「海流とは川のように」と述べましたが、これは正しいのでしょうか。このことを考えることによって、海流における力のバランスを考察します。

2. コリオリ力

海流のような大規模な現象では、地球の自転によって起こる転向力（コリオリの力）の影響を受けます。このコリオリの力とはどういうものか、図1をもとに考えてみます。地球は球面に近い形ですが、簡単のため回転する円盤にたとえています。円盤は図1の上から見て、反時計回りに回転しています。これは地球を北半球にたとえたことになります。この円盤の中心AからBに向かってボールを投げた場合を考えます。この時ボールはどのように見えるでしょうか。

まず円盤の外に立っている人から見ます。ボールは、当然まっすぐ進んでいるように見えます(図2, 3)。一方、円盤上のBに立っていて、円盤とともに回転する人から見るとどうでしょうか。ボールがAからBのはじめの位置に達するまで、時間が経過します(図2)。その時間にBに立っていた人は、円盤の回転運動に伴って、図2のように少し右に移動しています。従って円盤上のBに立っている人にとって、ボールは図4のように、ボールの進行方向に対して右向きにカーブをしながら、運動するように見えます。つまり円盤上の人から、ボールの運動を見ますと、ボールはその進行方向に対して右向きにみかけの力が働いていることになります。このみかけの力を転向力（コリオリの力）といいます(図5)。

3. 圧力傾度力

天気図を見ますと、同じ高さの水平面上でも、気圧の高いところ（高気圧）と気圧の低いところ（低気圧）があります。同じように海でも、同じ深さの水平面上で、圧力の高いところと圧力の低いところがあります。このとき、海水には圧力の高い方から低い方へ向かって力が働きます。これを圧力傾度力といいます。この圧力の低いところと高いところの

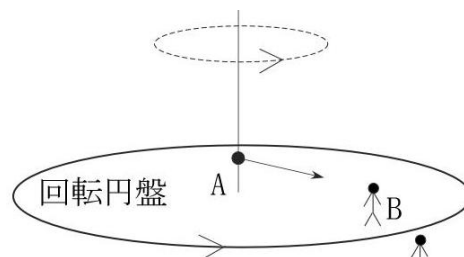


図1：回転円盤において中心Aの位置からBへボールを投げます。この時、円盤の上にいる人及び円盤の外にいる人から見て、ボールはどのように進むでしょうか。

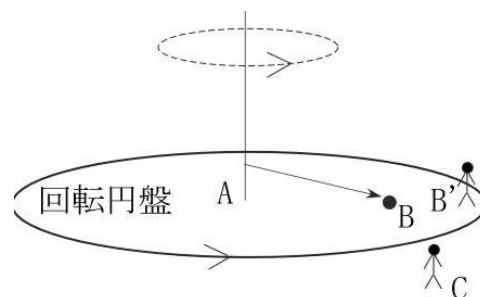


図2：ボールは元のBの位置に達します。この時、円盤の上にいる人はB'に移動しています。

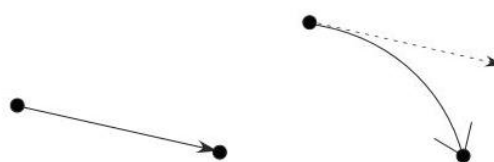


図3：C（回転円盤の外）から見たボールの運動。

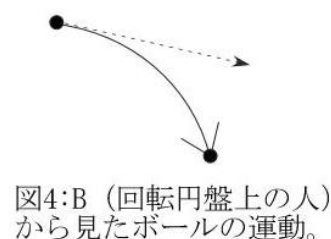


図4：B（回転円盤上の人）から見たボールの運動。

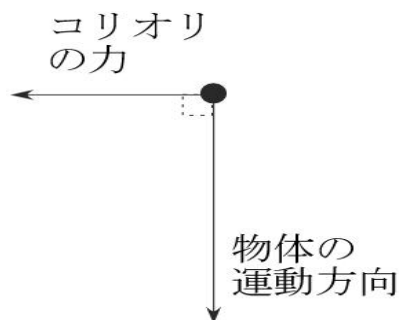


図5：物体の運動方向とコリオリの力を真上から見た模式図（北半球）。

違いが生じる一つの要因として、水位の違いがあります（図6）。

4. 海水に働く力の釣り合い

運動の第一法則によりますと、物体に働く力が釣り合っている場合は、物体はその速度を変えずに運動し続けます。海流に関しても海水が一定の速度で運動しているのならば、海水に働く力が釣り合っていることになります。

海流に関して、海水に働く力はコリオリの力と圧力傾度力です。まずこれらの力は、互いにつりあっています。次に圧力傾度力は、圧力の高い方から低い方へ向かっています。そしてコリオリの力は、物体の運動方向に対して（北半球では）、右向きに働いています。これらの三つのことから、海水に働く力と海流との関係は図7のようになります。またコリオリの力と圧力傾度力とがバランスしているような流れを地衡流といいます。このバランスを地衡流平衡といいます。図7より海流は北半球では、圧力が高い方（水位が高い方）を右に見て流れることがわかります。

一方、河川はよく知られているように、水位が高い方から低い方に向かって水は流れています。河川に関して、水に働く力は圧力傾度力と摩擦力です（図8）。物理的には、海流は川の流れよりも、風（大気の流れ）に近いといえるでしょう。

5. 終わりに

ここまでの議論では、海水に働く力のバランスについて述べました。海流の成因について述べたわけではありません。同じ深さの水平面上で、圧力の高いところと圧力の低いところがあれば、地衡流平衡となるような流れになります。逆に海流があれば、地衡流平衡となるような圧力の分布となります。

一般に表層の海流の成因は風によるものです。ただ風がある向きに吹いたからといって、単純に海水がその吹かれた方向に移動しているというわけではありません。前述の海水に働く力のバランスについての議論でも、風による力はでていません。風と海流の関係については別の機会に述べたいと思います。

ここでは、自転する地球を回転円盤にたとえて話をしました。実際には、地球は球面に近い形をしています。実はこのことが、黒潮など広い海の西側の海流（黒潮は太平洋全体で見た場合、その西側を流れています）の流れが強くなっている要因となっているのです。これについても別の機会に述べたいと思います。

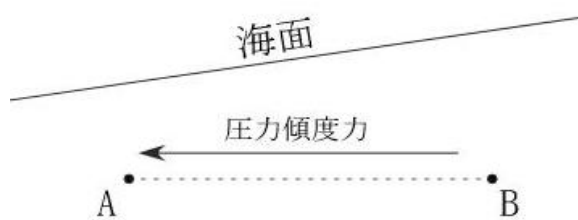


図6：
水位（海面の高さ）を断面図として模式的に表したものです。図のAとBではBの方が圧力が高いため、圧力傾度力は図のような向きになります。

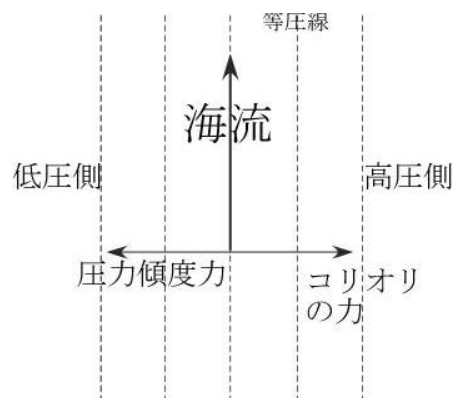


図7：
海流の向き、圧力傾度力、コリオリの力の関係を模式的に表しています（北半球）。

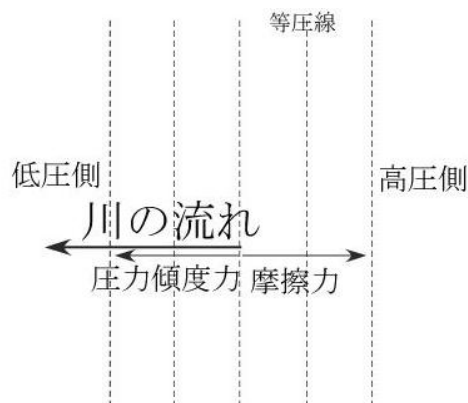


図8：
川の流れにおける力の釣り合いを模式的に表しています。



理科担当教諭のための基礎講座その②

四季の天気

沖縄气象台 裁 吉信

1 はじめに

地球が受ける太陽からのエネルギーは、太陽の放出する全エネルギーの20億分の1に過ぎません。このひとかけらのエネルギーが地球上でのあらゆる生命の営みや暴風雨、波等の自然活動を生み出します。イギリスのかつての気象学者ナピア・ショウ卿の言葉を借りると、「気象現象は、巨大な自然のエンジンの働きの中で起こる一連の事象である」とのことです。では、どのような自然のエンジンの働きで、四季の天気が生まれているのでしょうか。これから沖縄地方を中心に話を進めていきたいと思います。

2 春から夏の季節変化

季節風(モンスーン)という気象用語がありますが、これは季節の変化を告げる気流です。

■太平洋の風の分布: 図1は、春(3-5月)と夏(6-8月)の海面気圧と風の分布図です。春の太平洋北西部には優勢な太平洋高気圧があり、沖縄地方はその西縁にあたっています。また赤道付近を見ると、東西にのびる気圧の低い領域(低圧部)がみられますが、これは熱帯収束帯と呼ばれ、北半球からの北東の貿易風と南半球からの南東の貿易風が合流しており、台風の多発地帯でもあります。

一方、アジア大陸南部に目を向けると、インド北部付近に中心を持つ低圧部があり、そこに赤道を越えて流れ込む南西の季節風と太平洋高気圧の西縁から流入する南から南東の季節風が見られます。この2つの季節風は海洋を起源としており、暖かく湿っています。

■梅雨前線: 次にアジア大陸中部に目を移すと、風が弱く気圧の高い所(高圧部)がありますが、これは陸上を起源する大陸の高気圧で気温が低く乾いています。この大陸の高気圧と海洋を起源とする気流の境界にできるのが梅雨前線(図1下図の点線)で、5月上旬頃に沖縄付近で停滞するようになり、沖縄地方は梅雨入りとなります。

■夏至南風: 夏になると日射は更に強まり、赤道付近の熱帯収束帯やインド北部の低圧部は北の方まで範囲を広げます。また、太平洋高気圧も強化され、西の方に張り出していきます。それに伴い、6月下旬になると、南西風と南東風が強まり、梅雨前線を九州付近まで北上させることから、沖縄地方は梅雨が明け台風シーズンを迎えることになります。この頃に吹く南よりの季節風は、沖縄では夏至南風(カーチベ)と呼ばれ、夏の訪れを知らせる季節風と

して古くから知られています。

■季節風の形成: さて、これまでの話をまとめると、春から夏にかけての季節変化は、赤道を越えてくる南西の季節風や太平洋高気圧を回り込む南東の季節風の動向に影響されていることが分かります。では、この季節風はどのようにして形成されるのでしょうか。これは北半球の海洋と陸地の分布に大きく関わっています。アジア大陸は広大な陸地で、暖まりやすく冷めやすいという性質をもっています。春になると、アジア南部には強い日射が降り注ぐようになり陸地が暖められますが、夜間の放射冷却でも十分冷え切れず熱が蓄積されることから、定常的に低圧部が形成されます。これが図1のインド北部にみられる低圧部です。風は気圧の高い所から低い所に向かって吹くため、アジア南部に向かって南半球や太平洋高気圧から流れ込む気流が形成されます。

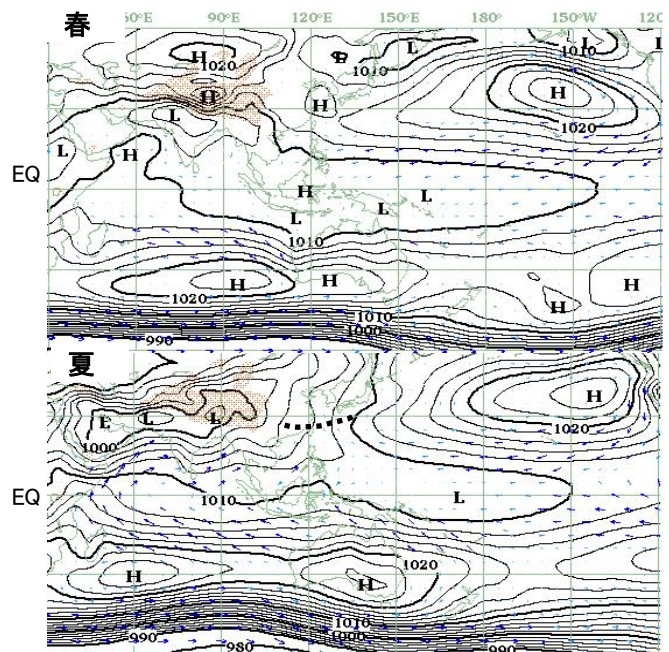


図1 2007年の春(3-5月)と夏(6-8月)の海面気圧(実線で2hPa間隔)と風(矢印の方向が風向、長さが風速を示す)点線は梅雨前線を示す。

■太平洋高気圧の形成: 太平洋高気圧の形成には、熱帯収束帯が大きく関わっています。図2は両者の関係を示した模式図で、ハドレー循環と呼ばれるものです。熱帯収束帯の上昇流は上空約15kmから50km付近にある非常に安定した成層圏という大気の層により抑えられ、両半球に分かれて下降して太平洋高気圧を形成します。この高気圧は背が高く地表付近を除いて乾燥しており、広くひろがる晴天域に対応しています。

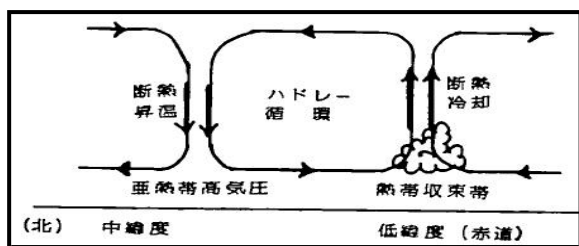


図2 ハドレー循環の模式図(沖縄の気象(1989)より引用)

■**熱帯収束帯**： ところで、台風発生に関連の深い熱帯収束帯について簡単に紹介します。

この収束帯は南緯5° 付近から北緯15° 付近まで移動します。台風の発生には積乱雲の集合体と渦を発生させる力が必要ですが、積乱雲の集合体を形成する力は、熱帯収束帯における上昇流の強さです。渦を発生させる力は、コリオリ力とよばれる地球の自転に伴う力で、赤道付近では弱く高緯度になるほど強くなります。フィリピンの東海域は台風の多発地域ですが、この海域は北緯15° 付近に位置し、熱帯収束帯は台風発生数の多い7月から9月頃には北緯15° 付近まで北上しています。

3 秋から冬そして春

図3は秋(9-11月)と冬(12-2月)の海面気圧と風の分布図です。

■**移動性高気圧**： 秋から冬になると日射も弱まり、アジア大陸上では冷たい気団が形成されるようになります。冷たい空気は重いいため、天気図では高気圧として現れます。この高気圧は背が低く冷たく乾いていますが、秋には勢力もまだ弱く、移動性高気圧となって日本付近を覆い爽やかな天気をもたらします。この高気圧と太平洋高気圧の境界付近にできるのが秋雨前線です。

■**シベリア高気圧**： 冬になると日射は更に弱まり、大陸には非常に冷たい気団が形成されます。この気団はヒマラヤ山脈に堰き止められて南下できずにどんどん蓄積され、シベリアやモンゴル付近に中心を持つシベリア高気圧が生まれます。図3の冬を見ると、ヒマラヤ山脈の北には優勢なシベリア高気圧があり、本土付近には北西の季節風、沖縄付近には北から北東の季節風が吹き込んでいます。またアリューシャン付近には強い低気圧がみられます。熱帯収束帯も南半球に移動し、太平洋高気圧の西への張り出しも弱まっています。この気圧配置が形成される過程を簡単に解説します。

■**北よりの季節風**： シベリア高気圧の南縁は、大陸の冷たい気団と海洋を起源とする比較的暖かい気団の境界となり、前線が形成されます。両気団の気温差が更に強まると、前線上に低気圧が発生し、発達しながら北東に進み、アリューシャン付近でそ

の生涯を終えます。この低気圧の東進をトリガーとして、大陸の寒気が一気に北よりの季節風となり日本付近に流れ出すようになります。沖縄では12月下旬頃から吹く冷たい北よりの季節風を冬至寒（トンジービーサー）と呼び、本格的な冬将軍の到来を知らせる季語として知られています。

■**二月風廻り**： 冬から春へと変化する3月は低気圧が急発達する時期で、東シナ海で発生し急発達しながら沖縄地方を通過する低気圧を、沖縄では二月風廻り（ニンガチ・カジマーイ）と呼び、特に猟師の中では古くから恐れられてきました。

3月は、大陸の気団と海洋の気団の気温差が最も大きくなる時期にあたります。このため、その境界にあたる東シナ海から大陸南岸付近では前線が形成され、前線上で発生した低気圧は急発達しながら早い速度で移動します。

4 おわりに

四季の変化について、簡単に述べてきましたが、はじめに述べた自然のエンジンは、大陸や海洋の分布と日射の影響により生み出された風の流れであることを理解でしていただけたでしょうか。これまで、地上付近の風系でのみ話を進めてきましたが、実際には、低気圧や高気圧の動きや強度に影響を与えるものはジェット気流と呼ばれる上空を流れる風です。また、ヒマラヤ山脈などの地形も大きく影響しています。次回からは、それぞれの季節に特有の気象現象や自然災害について、地上天気図や上空の天気図等を用いて、更に詳しく解説をしていきます。

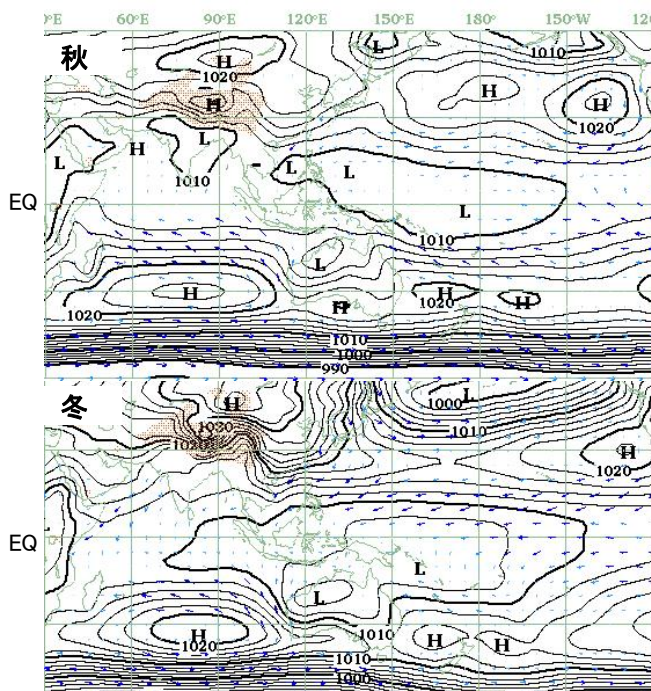


図3 秋(9-11月)と冬(12-2月)の海面気圧(実線で2hPa間隔)と風(矢印の方向が風向、長さが風速を示す)



トピックス

雷の発生メカニズムと雷災害を防ぐための基礎知識

沖縄气象台 出原幸志郎

1. はじめに

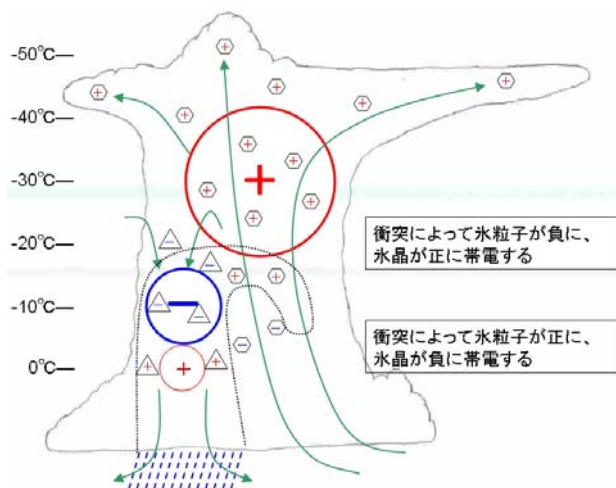
雷は、対流雲内に蓄積された電荷により、雲の内部や雲同士もしくは雲と地表の間で起こる大規模な放電現象で、古来より神と結び付けて考えられるなど、畏怖の対象となっています。

現代においても、航空機や鉄道等の運航に影響を与えるほか、感電や火災などで毎年のように死傷者が出ています。また、電子機器や通信網の普及に伴い、落雷に伴う異常電圧(雷サージ)による被害が目されるなど、雷は警戒すべき大気現象の一つとなっています。

2. 発生メカニズム

(1) 電荷発生メカニズム

発達した対流雲内部では、活発な対流活動によってあられ等の氷粒子と小さな氷の結晶である氷晶が絶えず衝突し、その際に電荷のやりとりが起きます。 -10°C より暖かい層では、氷粒子が正に、氷晶が負に帯電し、 -10°C より冷たい層では逆に氷粒子が負に、氷晶が正に帯電します。重い氷粒子は下降、軽い氷晶は上昇するため電荷の分離が起こり、雷雲の中層(気温が -10°C 付近)には負の電荷が集まり、上層(気温が -30°C 付近)と下層(気温が 0°C 付近)には正の電荷が集まる三層構造になります。(第1図)下層に溜まる電荷量は上層に比べて小さく、二層構造と考えることもできますが、下層の正電荷と中層の負電荷の間で起こる雲間放電が落雷発生のかっけとなる場合があります。



第1図 雷雲内の電荷分離の概念図

△: あられなどの氷粒子、◇: 氷晶、→: 気流



2006年7月14日 千葉県柏市 撮影者: 出原 幸志郎

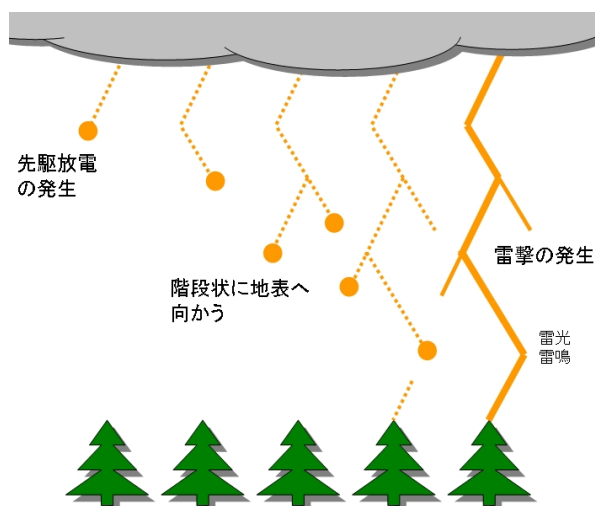
(2) 落雷の発生メカニズム

雷は、雷雲の内部や別の雷雲との間で起こる雲間放電と雷雲と地面との間で起こる対地雷に大別できます。さらに、対地放雷は「下向き」と「上向き」、「負極性」(雷雲の負電荷を地上に運ぶもの)と「正極性」(雷雲の正電荷を地上に運ぶもの)といった性質の違いにより4つに分類されます。

ここでは、夏に発生する雷のほとんどを占める下向きの負極性落雷を例に説明します。

① 先駆放電の発生

電荷が十分に溜まった雷雲から先駆放電が発生し、地表へ向かいます。先駆放電は空気の絶縁を破壊しながら進むため、進行と停止を繰り返し、その経路は階段状で枝分かれしていることもあります。



第2図 落雷(下向き負極性)の発生メカニズム

② 落雷

先駆放電が地表に近づくと、地上の突起物からも放電が起こります。両者が接触すると、雷撃が発生し、先駆放電の経路に数千～数十万アンペアの電気が流れます。このとき、放電路は明るく輝き、雷光となり、また、周囲の空気を急激に加熱、膨張させて、雷鳴（衝撃波）を発生させます。

先駆放電の発生から雷撃までの時間は 20 ミリ秒 (2/100 秒) 程、電気が流れる時間は約 0.1 ミリ秒 (1/10000 秒) 程とまさに一瞬の出来事です。

③ 後続雷撃の発生

第一雷撃で雷雲中の電荷が中和されれば、ここで終了しますが、雷雲中に電荷が多く残っている場合は、前の放電路に沿って、新たな雷撃（後続雷撃）が発生します。なお、後続雷撃を複数伴う落雷でも、雷撃の間隔は数十ミリ秒なので、人間の目には 1 つの雷に見えます。

3. 人体への落雷

(1) 落雷による被害

人が雷の被害にあうケースとしては、以下のようなのがあります。

- ① 直撃雷…雷撃を雷雲から直接受けます。雷は、高い所やとがった部分に落ちやすい傾向があり、グラウンドや堤防の上など開けた場所では人への直撃雷が起こりやすくなります。直撃雷を受けた場合、約 8 割が即死するといわれています。
- ② 側撃雷…落雷を受けた物体から近くの物体へとさらに放電が発生することがあります。雷はより電気の通りやすいところへ行こうとする性質があり、人体は樹木や岩より電気を通しやすいので、雷にとって格好の通り道となります。落雷の死傷事故の大半は側撃雷によるものです。
- ③ 侵入雷…雷撃や強い電磁波により送電線や通信線に異常な電流（雷サージ）が発生し、屋内に侵入することがあります。落雷時に電気製品などに触れていれば感電する可能性があります。また、地面に落ちた雷が水道管やガス管を通して屋内に侵入、感電したケースもあります。
- ④ 歩幅電圧…地表に落ちた雷は地表や水面を伝わりながら拡散していきます。落雷地点付近で脚を開いて立つ、座りこむ、寝転ぶなどしていた場合、地表面を伝わる電流で感電することがあります。また、海面への落雷により感電し、溺死する事故も起こっています。
- ⑤ その他…雷光による一時的な視力の低下や衝撃波（雷鳴）による鼓膜の損傷などが起こります。

(2) 雷に撃たれないために

雷に撃たれない最善の策は、雷注意報が出ているときや積乱雲が近づいているときには外出しないことですが、屋外で雷雲に遭遇した場合は、以下の文章や表を参考に安全な場所へ避難しましょう。雷鳴が聞こえたときには、すでに落雷の危険がある場所にいます。早めの避難が重要です。

① 丈夫な建物や金属で囲まれた乗り物の中

避雷設備のある建物や鉄筋コンクリート製の建物、木造戸建て住宅は雷に対して十分安全です。建物内では、侵入雷に備えて壁や電気製品から 1～2m 以上離れているとさらに安全です。

窓を閉め切った自動車などの中も安全ですが、落雷の危険があるときは車を停車させましょう。雷光などによりハンドル操作を誤り、交通事故を起こしてしまうかもしれません。

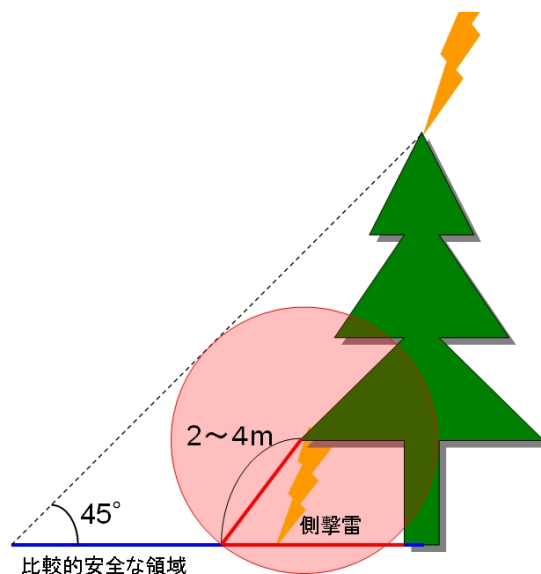
② 高い物体の保護範囲内

鉄塔や樹木など高さ 5m 以上の物体から 30m 以内、かつ頂点を 45 度以上の角度で見上げることができる場所で、脚を閉じて屈めば直撃雷から身を守ることができます。ただし、側撃雷を受けないように物体から 2～4m 以上離れましょう。また、森林では、すべての枝葉から十分な距離をとることが難しく、側撃雷を受ける危険が高くなります。

③ 山小屋やプレハブ小屋の中

避雷設備のない山小屋などは壁や柱から側撃雷を受けやすいため、安全とは言えませんが、開けた場所や森林の中よりは安全です。壁などからなるべく離れて脚を閉じて屈みましょう。

付近で落雷があった場合は、火災の恐れがあるので周囲の状況に注意を払いましょう。



第1表 雷に対する安全度の目安

安全 ←			→ 危険
・ 避雷設備のある建物 ・ 鉄筋コンクリート製の建物 ・ トンネルや洞窟の中 ・ 周囲が金属製の乗り物	・ 避雷針や高い物体の保護範囲内 ・ 橋の下 ・ 乾いた窪地	・ 避雷設備のない山小屋 ・ 湿った窪地	・ 開けたところ、海上、森林 ・ 堤防の上、テントの中、 ・ 樹木や鉄塔のすぐ側

※洞窟内や橋の下、窪地では、浸水や滑落などに注意。

4. 雷の常識？

- ・ ゴム長靴やレインコートなどで体を覆っていれば雷に撃たれない？
- ・ 雷が鳴ったら身に着けている金属製品を外す？

絶縁体は電気を通さないのだからゴム長靴やレインコートなどで体を覆っていれば雷に撃たれない、逆に電気を通す金属製品を身に着けていると雷に撃たれやすいと思われています。しかし、雷の電圧は数百万～数億ボルトと推定されており、ゴム長靴やレインコートでは雷を遮断することはできません。また、近年の研究や実験により、雷は高いところに落ちやすく、身につけている金属や絶縁体によって雷の落ちる確率は変わらないことも明らかになってきています。つまり、「身に着けているものを気にするより、

まず避難する」ことが重要ということです。

5. おわりに

雷は、いつ、どこに起こるかわかりません。雷注意報が出たときや積乱雲が近づいてきたときには、屋外での作業を中断し、早めの避難を心がけましょう。また、積乱雲は雷だけでなく、竜巻などの突風や激しい雨などももたらすので、早めの避難によりこれらの災害からも身を守るよう努めてください。その他にも、気象庁のHPからレーダー降水ナウキャスト情報（過去の雨雲の様子や1時間先まで10分毎の雨雲の動きの予測）を見ることができます。皆さんの野外活動などの役に立つ情報ですので、ぜひご活用ください。

（文章、写真、イラスト：出原 幸志郎）

●● 日本気象学会沖縄支部からのお知らせ ●●

1 平成20年度日本気象学会沖縄支部研究会の開催お知らせ

平成20年度日本気象学会沖縄支部研究会を沖縄気象台と共催で下記のとおり開催します。

開催日時：平成20年11月27日（木）13：00～17：00、28日（金）09：00～12：00

開催場所：宮古島地方気象台会議室（沖縄県宮古島市）

問い合わせ先：沖縄支部事務局 裁 TEL：098-833-4466 FAX：098-836-8081

2 シンポジウム「豪雨・竜巻・雷等の激しい気象の実態に迫る」の開催お知らせ

沖縄支部では、沖縄気象台、沖縄電力と共催で、下記のとおり、シンポジウムを開催します。

開催日時：平成21年2月4日（水）13：30から17：00

開催場所：おきでんふれあいホール（那覇市旭町114番地4号）

3 防災気象講演会開催のお知らせ

沖縄支部では、沖縄気象台、沖縄県災害気象防止協議会と共催で、平成20年度防災気象講演会を下記のとおり開催します。

開催日時：平成21年1月20日（火）14：00から16：50

開催場所：沖縄県庁4階講堂

4 （社）日本気象学会入会案内

日本気象学会は、気象学の研究を盛んにし、その進歩をはかり、国内及び国外の関係学会と協力して、学術文化の発達に寄与することを目的としています。具体的な活動については、下記のWEBサイトをご覧ください

入会を希望する方は、個人用又は団体用の申し込み用紙に必要な事項を記入した上、学会事務局本部に郵送、FAX、メールのどちらかで送付してください。申し込み用紙は、下記のサイトから入手可能です。会費の納入など詳しいことは学会事務局が沖縄支部事務局までお尋ねください。

日本気象学会事務局 〒100 東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁内

TEL：03-3212-8341 FAX：03-3216-4401、アドレス：<http://www.soc.nii.ac.jp/msj/>

日本気象学会沖縄支部事務局 〒900-8517 那覇市樋川1-15-15 沖縄気象台業務課気候・調査室内

TEL：098-833-4466 FAX：098-836-8081