

月例会「レーダー気象」の報告

はじめに

1989年11月28日に行われた月例会「レーダー気象」の概要を報告する。この月例会では、レーダーで観測される現象および関連分野の話題を取り上げている。今回は、始めにドップラーレーダーデータを用いたリトリバル法について話題提供していただいた。日本でもドップラーレーダーを用いた観測が盛んに行われるようになってきた。リトリバル法によりレーダー観測では得られない降水雲の熱的な構造が評価できるなど新しい解析法への発展が期待される。続く3題は、ルーチンデータによる解析で、レーダーアメダス合成図の補正法、エコー強度の鉛直分布解析が示された。鉛直分布の解析で、雷雲の発達の様子がわかり、気温の高度分布と合わせると、発雷予想の可能性があることが示された。最後に、ウインドプロファイラーによる台風観測結果が示された。ウインドプロファイラーを用いると、マイクロ波レーダーでは観測できない降雨帯周辺の流れの場がわかり、台風降雨帯の新たな解析が可能になると期待される。

田畑 明, 榊原 均 (気象研究所)

1. 降水現象への数値モデルによるアプローチとリトリバル法によるアプローチ

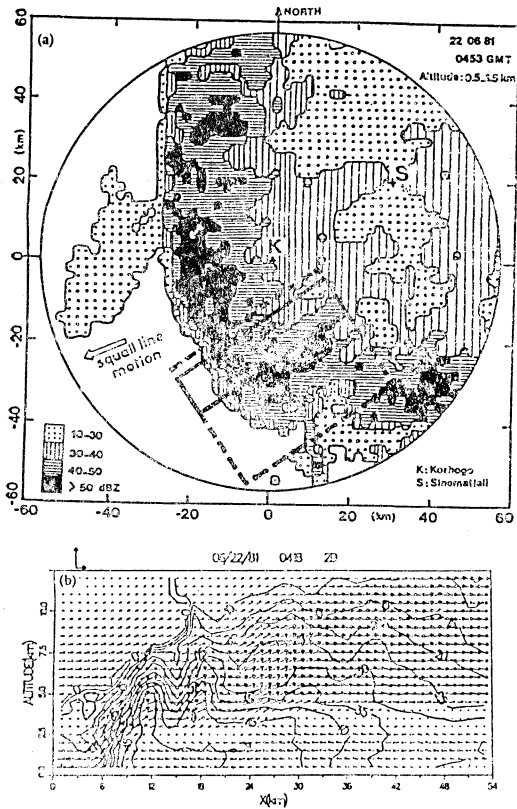
吉崎正憲 (東京大学海洋研究所)

台風や低気圧および梅雨前線に発生する中間規模じょう乱によって起こる激しい降水は、その気象じょう乱の中で一様に起こるのではなく、しばしばより小さい約100 kmの水平スケール(メソスケール)の組織化された積乱雲群—クラウドクラスター—によってもたらされる。このクラスターの発生・発達・減衰をとらえるには、レーダーは有力な観測手段である。さて、従来はPPIレーダーによる観測が主であったが、最近ではドップラーレーダーによる観測が盛んになってきた。数台のドップラーレーダーを使えば風と降水粒子の3次元の空間分布がわかり、PPIレーダーより多くの情報が得られる。

リトリバル法とは、ドップラーレーダーから直接測られる物理量(風とレーダー強度)から他の物理量(例えば、圧力、温度、水蒸気、雲水など)を評価しようとする間接評価法である。ここで、それぞれの物理量が運動

方程式・熱力学の式・水物質の式などを通してお互い結びついているのを利用する。例えば、ある点で上昇流があるとしよう。一般に大気は安定成層して下層に水蒸気がある。この流れによって温度は下がり水蒸気は減る。定常状態を仮定すると、この変化に対して打ち消すような補償が必要となり、雲物理過程が働けば水蒸気から雲水への相変化によって温度が上がり水蒸気が増える。上昇流が強くて雲水量の生成が多いと雨・雪・あられへの変換が起こり、上昇流に抗して落下して他の点の入りとなる。このように、風の空間分布を与えて、各点ですべての物理量が方程式系を矛盾なく満たすように空間分布が決まれば、それは1つの解である。第1図は西アフリカで観測された熱帯スコールラインの一例(Hauser et al., 1988)である。(a)は、このPPIエコーパターンである。進行方向の前面に強い対流性のエコーが弓状に広がっている。(b)は、この対流性領域におけるドップラーレーダーから直接求めた流れとレーダー反射因子である。それに対して、第2図は、第1図bのデータを使ってリトリバル法で求めた(a)雨水・(b)雲水・(c)反射因子および(d)温度の偏差である。反射因子で見ると、実際観測されたものとリトリバル法で求めたものと良く一致している。また、こうして求めた物理量の空間分布は、数値モデルの結果と比べてかなり良く対応している。

ドップラーレーダーによりリトリバル法には定常性の仮定など重大な仮定があったり適用されるのは降水領域だけに限られていたりしてまだ問題は多い。しかしながら、これによって風・気圧・温度・水物質など物理量の空間分布が対流スケールで明らかになる。これはいろいろな方向に発展する可能性を持っている。この方法から大気中の非断熱加熱量(水蒸気から雲水への変換量と雲の中の熱輸送)が評価できるので、従来のゾンデデータを用いた残差による評価法と違う熱・水収支ができるかも知れない。また、対流モデルを用いた降水の短期予報において、リトリバル法は現況値や初期値を与えるかも知れない。今後数値モデルとリトリバル法がうまく結合してゆけば、クラウドクラスターの解明に大きな力となるだろう。

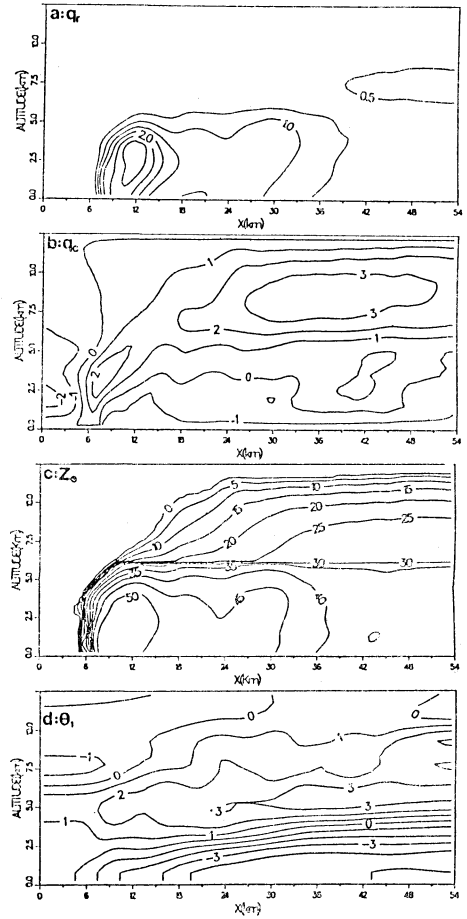


第1図 (a) 西アフリカで観測された熱帯スクールラインのレーダー反射因子のパターン。(b) 熱帯スクールラインの流れとレーダー反射因子の鉛直断面。

2. レーダーによる降水強度分布の統計的手法を用いた補正

三角幸夫, 青梨和正 (気象研究所)

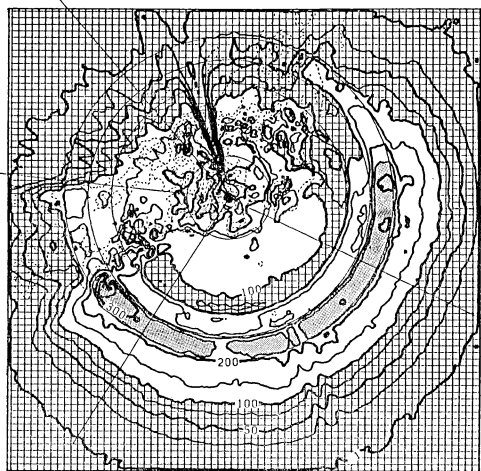
気象庁ではレーダーアメダス合成図を毎時作成している。これはデジタルレーダーの観測値を降水強度に換算し、アメダスの降水量で補正したもので、海上ではアメダスがないのでレーダーによる降水強度がそのまま使われている。第3図は富士山レーダーの1988と89年の暖候期中の正時の降水強度の月平均値の分布だが、地形による陰の殆どない南側の海上で富士山を中心とする縞が見える。縞の境目は観測に使っている3仰角のつなぎ目と一致し、仰角により換算される降水強度が大きく違うことを示している。これは、3仰角のみで領域を覆っているために、見ているエコーの高度が場所によって大きく違うにもかかわらず、同じ雨量換算係数を



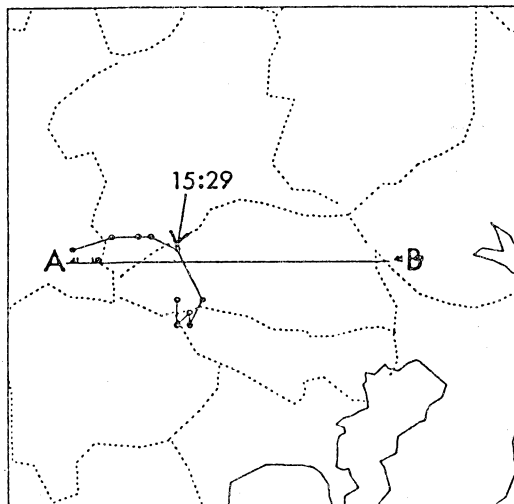
第2図 リトリアル法で求めた (a) 雨水・(b) 雲水・(c) 反射因子および (d) 温度の偏差。

使っていることが原因になっている。他のレーダーでも富士山程ではないがこのような系統誤差がある。

この系統誤差を統計的手法で補正することを試みた。長期間の平均でみれば降水はレーダーからの距離に依らなくなると仮定して、レーダーからの距離に依らない仮想的な降水強度の頻度分布(A)を決め、次に陰のない海上の扇形で半径毎にエコー強度レベルの頻度分布(B)をできるだけ長期間から求める。最後に、例えば、Mm/h以上降水の頻度と半径RでのレベルN以上のエコーの観測頻度が同じであれば、レベルNはMm/hというように、雨量換算値をレーダーからの距離毎に決める。この方法では、(A)の決定が難しいので降水の絶対値には問題が残るが、各レーダーの観測領域内で、降水強度の相



第3図 1988, 1989年の暖候期中の正時の降水強度の月積算値。網掛けは 100 mm 以下の領域、陰は 250 mm 以上の領域につけている。同心円の半径は内から90, 250, 300, と 350 km, 地形は点線で示している。



第4図 デジタルレーダーデータ解析プログラムによるエコーの追跡図。

対的な関係は補正でき、第3図のような縞をなくすことができる。最近更新した東京(柏)レーダーでは観測仰角を増やして最遠領域を除いて距離による系統誤差を減らすことに成功したが、他のレーダーは現段階ではこのような方法で降水強度を補正する必要がある。

3. 3 仰角データに基づく雷雨エコーの立体解析

戸塚晶子(東京管区気象台)

3.1 データの概要について

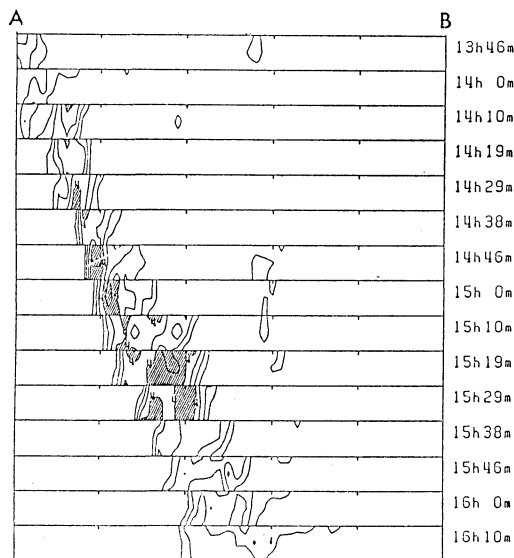
気象庁のデジタルレーダー観測では、3つの異なるアンテナ仰角(下から01, 2, 3)についてエコーを測定して、それを合成編集して気象官署に配信する。今回は、3仰角分のデータをそのままMTに保存してもらい、これを用いて立体的な解析を試みた。このデータは、距離補正、地形性エコー消去、混信除去、2.5 kmメッシュのX-Y座標への変換は行われている。観測時間の間隔は今回用いた富士山レーダーでは約10分である。

3.2 解析日の概要

1987年8月13日、関東西部山地周辺に発生した小規模じょう乱を対象として解析した。総観場は概ね夏型だが三陸沖に熱低がある。700 mbの流れは南西である。

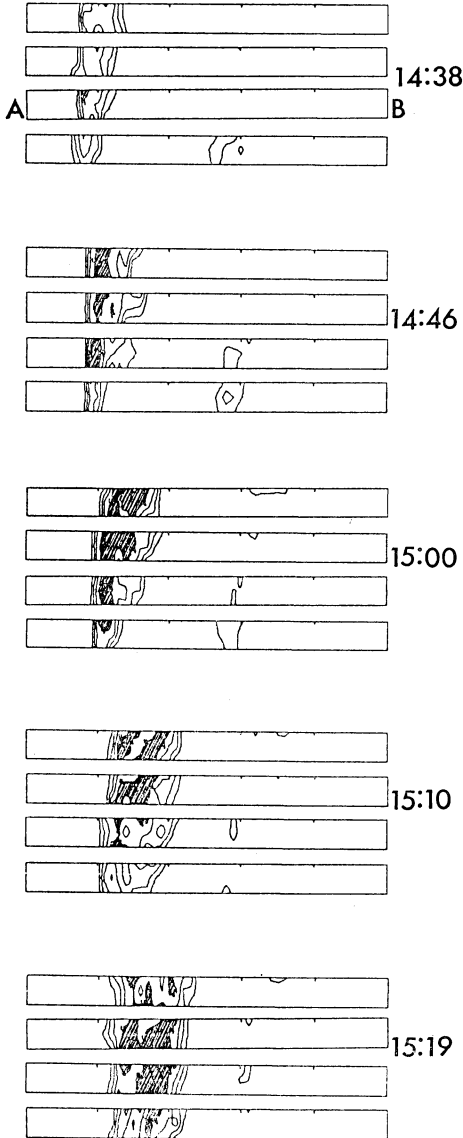
3.3 方法と解析結果

東京管区気象台調査課開発のデジタルレーダーデータ



第5図 図4の線ABに沿ったエコーの断面時系列図。等値線は0.3, 1, 4, 16, 64 mm/h, 斜線は 16 mm/h 以上。

解析プログラムを用いてエコー経路を追跡し、それに沿った3仰角データの断面の時系列図で立体構造を見た。解析したエコーセルは13時30分八ヶ岳東側山麓で発生、東進し、15時29分以降は南のエコーと合流して南下した(第4図)。第4図の線ABに沿ってエコーの断面を見た



第6図 線 AB に平行な 4 本の線に沿ったエコーの断面。等値線、斜線は第3図と同じ。

(第5図)。15時19分にエコーが発達している。進行方向(東)前面に注目すると、15時10分にエコーの不連続な移動があり、セルの発達を示唆している。線 AB と平行に北側に2本、南に1本の線を取り、幅のある断面で見ると(第6図)、14時46分に前面でセルが発生しており、15時0分から19分にかけてエコーの強い部分が南下しているのがわかる。

3.4 まとめ

3 仰角データにより対流性エコーセルの鉛直構造の時間変化を調べた結果、セルの入れ替わりが起こるときに、古いセルの進行方向上空に強エコー域が出現し、それが20~30分後に下層に降りてくるという反射強度の時間変化をつかむことができた。

4. レーダーエコーによる発雷予測法

道本光一郎(防衛大学校)

4.1 はじめに

レーダーエコーを用いた雷雨としゅう雨の判定には Tosha & Ichimura (1961) の報告がある。彼らはエコー頂気温の臨界値として -15.6°C を報告している。すなわち、夏雷に対して -15.6°C 以下の気温にまでエコー頂が達すれば、90%の精度で雷雨となることが統計的に示された。

冬雷については遠峰等(1986)の報告がありエコー頂気温は -20°C 付近が発雷の有無の臨界値として示された。そして、さらに詳細なレーダーエコーの解析により、各エコー強度の時間変化と発雷の関係が夏冬の両者について報告された(道本, 1988; 1989)。

今回はこれらの結果を踏まえて、冬と夏のそれぞれの例を示し、具体的な発雷予測に結びつく解析結果について報告する。

4.2 観測測器・方法等

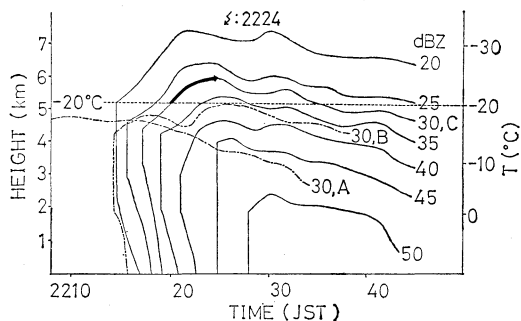
小松飛行場の気象レーダーは波長 5.7 cm の通常型であり、空電方向探知機の受信周波数は 100.5 MHz である。詳細については遠峰等(1986)、道本(1988, 1989)を参照されたい。

4.3 結果と考察

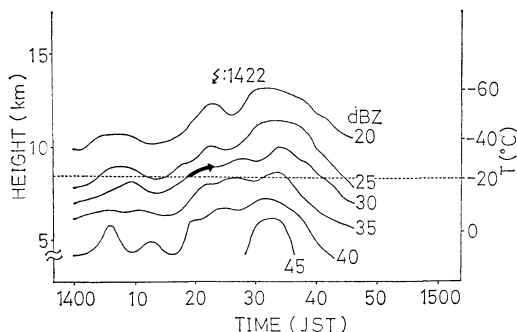
1987年12月25日のレーダー観測によると、雷雲のなかにエコーセル A, B, C が形成されていた。第7図はセル C の各エコー強度の時間変化を示す。図中の一点、二点鎖線はそれぞれ発雷を伴わなかったセル A, B の 30 dBZ 等値線の時間変化を示す。一連の最初の発雷は22時24分にセル C 付近で起きている。セル C の 30 dBZ の領域が -20°C レベルを越えて発達して(図中の太い矢印)、約5分後に発雷が起きているのが特徴的である。

一方、第8図は夏雷の例で1988年8月9日に観測されたものである。一連の発雷の最初のものは、やはり 30 dBZ の領域が -20°C レベルを越えて発達して(図の太い矢印)、約5分後の14時22分に観測されている。

このように、 -20°C レベルをエコー強度 30 dBZ の



第7図 1987年12月25日に小松で観測された雷雲のセルCのエコー強度の高度分布の時間変化。太い矢印は30 dBZの等値線が -20°C レベルを越えた場所を示す。一点鎖線はセルAの、二点鎖線はセルBのそれぞれ30 dBZの等値線を示す。



第8図 第7図に同じ。ただし1988年8月9日。

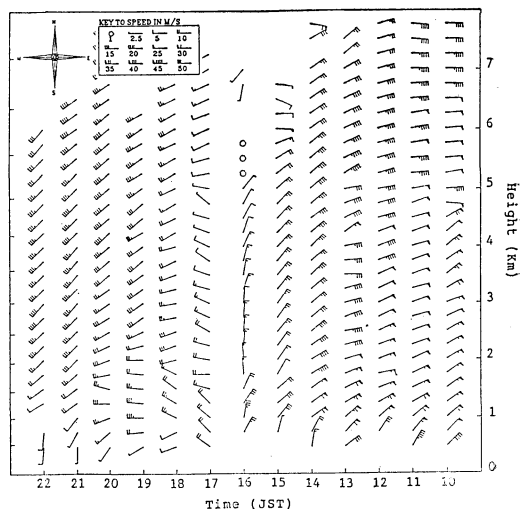
領域が越えて成長し数分(約5分)後に一連の最初の発雷が観測されている。

過冷却水滴から氷晶への変化が $-15\sim-20^{\circ}\text{C}$ 付近で急激に高まることから、30 dBZ程度のエコー強度の水滴および氷晶群が -20°C レベルにまで成長しさらに発達する現象と、発雷するのに十分な電荷分離および蓄積が起こる現象とが対応すると考えられる。

4.4 おわりに

-20°C レベルを高度の情報として、エコー強度30 dBZの成長・発達をレーダーで捕えられる情報とすれば、この2つの対応が一連の最初の発雷現象の Nowcast 的な予測の目安となるのではないと思われる。

ただし冬季北陸特有のいわゆる「一発雷」の予測には、今後ドップラーレーダー等による観測の成果が待たれる。



第9図 台風8913号通過時の水平風の観測例。

5. ウィンドプロファイラレーダによる上空風の観測 永井智広, 上田眞也 (気象研究所)

ウィンドプロファイラは、観測点上空の風ベクトルの鉛直プロファイル測定するためのレーダの一種である。この装置の概略については、昨年(1987年)の月例会等にて報告されている。しかしながら、装置各部の不具合のため、機器本来の性能を發揮しているとは言い難いのが現状である。この種の装置の特徴は、天候のいかんにかかわらず高時間分解能で連続観測が可能なこと、鉛直流の直接測定が可能なこと等、従来からの観測方法では行い得なかった観測が可能なことである。今回の月例会では、1988年の9月から、不完全な状態ながらも連続運用を続けているなかで、本装置のこれらの特徴を生かした観測例、並びに、この種の装置の実用化にあたっての可能性について報告した。

まず始めに、本装置の特徴がよく生かされた観測例として、1989年8月、台風8913号の通過時にどのような風が観測されたかを第9図に示す。この台風は、8月6日16時頃、本機の設置してある筑波に最も接近したが、その時の風の細かな変化の様子が明瞭に示されている。また、この例は1時間の平均風速を表示した例であるが、本装置の最小時間分解能は6分であり、これを生かせば更に詳細な風の変化を見ることが可能である。さらに、この種の装置ならではの特徴を生かせば、降雨帯と降雨帯の間の領域での鉛直流も直接測定することが可能であり、台風の構造等を考えるに際して、貴重な情報が得ら

れている。

次に、この種の装置の実用化の可能性を考える時、まず最初に最も関心の持たれる点は、従来からの観測方法との整合性である。この点においては、本装置で観測された結果は、ラジオゾンデによる高層観測と比較しても概ね良く一致しており、時間的により詳細な高層風の観測装置として十分に信頼できると考えられる。また、この種の装置は、その原理上、観測することのできる高度範囲が大気の状態によって大きく変わることが欠点の一つと考えられているが、本機で観測された最高高度をゾンデ観測から得られた圏界面高度と比較したところ、対流圏内はほぼ常時観測可能なことが確認された。これは、本装置が現状では機器の状態が不完全なまま観測を行っていることを考え合わせれば、実用化に耐え得る装置であると考えられる。また、実用化の際には、その特徴を生かし、中小規模の気象現象等を考える上で、有効に使用することが可能な装置であると期待される。

参考文献

- Hauser, D., F. Roux and P. Amayenc, 1988: Comparison of two methods for the retrieval of thermodynamic and microphysical variables from Doppler radar measurements: Application to the case of a tropical squall line. *J. Atmos. Sci.*, 45, 1288-1303.
- 道本光一郎, 1988: 冬季雷雨観測速報 (レーダーエコー強度の高度変化と発雷), *天気*, 35, 613-614.
- , 1989: 夏季雷雨観測速報 (レーダーエコー強度の高度変化と発雷), *天気*, 36, 513-514.
- 遠峰菊郎, 道本光一郎, 阿部成雄, 1986: レーダーによる小松周辺の冬季雷の研究, *天気*, 33, 445-452.
- Tosha, M. and I. Ichimura, 1961: Studies on shower and thunderstorm by radar, *Pap. Met. Geophys.*, 12, 18-29.

平成2年度日本気象学会奨励金受領候補者の募集

昭和45年度より、日本気象学会は、研究費・研究環境に恵まれない会員の研究を奨励するために、「日本気象学会奨励金」制度を設けています。

周知のように昭和51年度からは、小・中・高校の地学教育に従事されている先生で、特に実践的な気象教育の研究をおしすすめられている個人またはグループ(少なくとも代表者は学会員)を、3件のなかの1件として、特に奨励金贈与の対象とし、気象教育の振興を図る一助とすることにしました。

本年度の受領を希望する会員、あるいは、他の会員を受領者に推薦しようとする会員は、申請要綱に基づき、下記の形式で応募あるいは推薦をして下さい。

締切: 平成2年8月20日必着

送付先: 〒100 東京都千代田区大手町 1-3-4

気象庁内 日本気象学会事務局気付
奨励金選考委員会

用紙: B5版 横書き

記入要領

1. 受領候補者氏名(ふりがな付), 印, 生年月日, 勤務先および地位, 連絡先(郵便番号, 郵便宛名).
2. 研究項目
3. 研究経過と今後の研究計画(あわせて400字詰原稿用紙4枚以内)

印刷報告, 学会発表のあるものは, 題目, 雑誌名, 巻号頁数, あるいは, 題目, 学会名, 年月を記入し, また, 別刷, 図表, 写真等の参考資料があれば添付する。資料は原則として返却しない。

4. 受領候補者略歴。
5. 推薦の場合は, 推薦者氏名, 印, 勤務先および地位, 連絡先(郵便番号, 郵便宛名および電話番号), この場合は候補者の印は不要。

注) 共同研究は, 1件として候補者を連名で記すこと。

奨励金申請についての要綱

1. 気象学, 気象技術, および気象教育の進歩に貢献し得る将来性, 発展性のある研究はすべて奨励金の対象となる。完成度の高い研究であることは必要条件ではない。
2. 大学あるいは研究機関に勤務している会員および他機関から既に研究助成金を受けているものについても, 原則として対象から除外される。
3. 受領者の選定は, 奨励金受領者選定規定に従って, 理事長の委嘱する5名の選考委員によって行われ, 今年度の贈呈は10月24~26日, 京都府で開催される秋季大会において行われる予定。
4. 受領者は, 奨励金受領後1カ年以内に簡潔な研究報告を理事長に提出する。