

「かごしま丸 2009 皆既日食航海」

仁科文字・かごしま丸皆既日食観測隊

1. はじめに

鹿児島大学水産学部には練習船がある。平成 20 年 5 月頃、鹿児島大学水産学部と理学部の双方からその練習船を利用した皆既日食の観測計画があがった。皆既日食まで 1 年を切った平成 20 年 8 月に水産学部・理学部学際フィールド教育研究事業として観測航海を実施することが決まり、同年 9 月から準備を開始した。平成 21 年 3 月に関係者が鹿児島島に集まってワークショップを行い、観測計画や航海計画について話し合うことになった。この観測航海での最大の問題は「揺れる船上でどのように観測を行うか」であった。そこで、船舶工学が専門の鹿児島大学水産学部の重廣律男教授に、船舶の動揺特性や船酔いについてワークショップで講演して頂き、観測時の揺れ対策について時間を割いて話し合われた。その後、TV 会議やメールでの情報交換を行いながら準備を進め、7 月 20 日に出港した。

本航海の目的は、皆既日食時の科学観測、洋上観測技術・手法の開発、皆既日食観測以外にも海洋観測を行い、両学部学生に双方のフィールドワーク教育を行う、天文や海洋に興味のある鹿児島県内の高校生を 5 名募集して、研究者や大学生が行う自然科学研究のフィールドワークの現場を体験し、科学への興味を深めてもらう、などであった。

残念ながら第二接触前に太陽が雲に隠されてしまい、ダイヤモンドリングやコロナを観測することはできなかったが、多数の大学や研究機関の科学者と学生が様々な研究課題を持って集った航海の結果を報告する。

2. 鹿児島大学水産学部附属練習船「かごしま丸」

船長：東政能、総トン数：1297 トン、全長：69m、幅：12.6m、航行速度：10～11 ノット

「かごしま丸」は 1981 年の就航以来、航海訓練、漁業実習、海洋観測実習などの学生教育や観測研究を行ってきた船である。

3. 参加機関（50 音順）

鹿児島大学、京都大学、近畿大学、
神戸大学、国立天文台、
㈱五藤光学研究所、埼玉大学、
仙台市天文台、JAXA、東京大学

4. 乗船者数（69 名）

大学・研究所：15 名
学生・大学院生：16 名
高校生：5 名
乗組員：27 名
航海実習学生：4 名
報道関係：2 名（南日本新聞社、共同通信社）



写真 1. 乗船者記念撮影（後部甲板）

5. 航海日程

7 月 20 日 鹿児島市谷山港 出港（12 時）
7 月 21 日 観測りハーサル
海洋観測、講義
7 月 22 日 皆既日食観測
7 月 23 日 海洋観測、観測報告会と講義
7 月 24 日 鹿児島市谷山港 帰港（12 時）



写真 2. 練習船「かごしま丸」

6. 観測海域

今航海に与えられた日数は5日間であったため、観測ポイントは鹿児島から550kmの範囲内に設定することにした。また、日食観測時の船体動揺をできるだけ小さくするために、流れが速く船が揺れやすい黒潮上は避けることにした。出港日の天気から、太平洋側の東経133度を目指すことにし、7月21日の観測リハーサル後に雲の動きを見ながら東進し、7月22日午前3時頃に皆既日食の観測を東経135度付近で行うことに決定した。航跡図を図1に示した。7月22日は船体動揺を最小限にするために、うねりの進行方向と速度に合わせて、9時から14時まで針路70度、速度7ノットで航走した。うねりの進行方向と速度に船の針路と速度をあわせると、波の山に乗ったまま移動することになり、多方向から来る波のうち、大きな波による船体動揺を軽減することができる。第二接触直前に雲が発生したため、皆既日食の第二接触と第三接触の正確な時刻は不明だが、国立天文台の予報値から推測すると、最大食の時刻は11時10分、そのときの船の位置は北緯28度8.4分、東経135度15.3分であった。

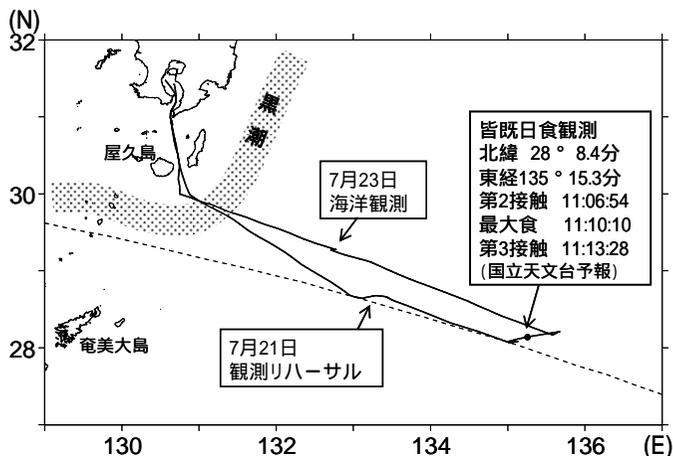


図1. 航跡および観測位置 (--- 皆既日食中心線)

7. 観測内容および責任者

観測隊長 祖父江義明 (鹿大)

「低層コロナ彩層プラズマ構造」 : 西尾正則 (鹿大理)

「白色光コロナの高S/N観測」 : 北井礼三郎 (京都大)・花岡庸一郎 (国立天文台)

「太陽近傍ダストの観測」 : 奥田治之 (JAXA)・向井正 (神戸大)

「ハイビジョンによる太陽コロナの広域撮像」 : 土佐誠 (仙台市天文台)

「日食による大気・気象変動の観測」 : 仁科文子 (鹿大水産)・佐野到 (近畿大)

8. 観測結果

8.1 雲の状況

7月22日8時30分、雲間に青空も見える中で気象観測を開始、他の観測項目も準備が整い次第、次々と観測を開始した。第一接触後の10時10分(食分0.3)には上層の雲(巻雲など)が主であったが、10時30分(食分0.55)くらいから積雲や積乱雲が南や北西の遠方に見え始め、時間経過とともに押し寄せてきた。第二接触前に太陽は積雲に隠されてしまい、皆既日食中は目の前で雲が湧く様な状況になり、空全体が雲に覆われ、船のすぐ近くをスコールが通過した。第三接触後、11時38分(食分0.7)には、積雲もほぼ消えて上層の雲だけになった。全ての観測は14時に終了した。



写真3. 日食中の雲の変化の様子

時刻は写真左から、10:10, 10:30, 11:03, 11:11, 11:38

8.2 低層コロナ彩層プラズマ構造

目的：彩層・低層コロナにおける微細構造の観測，電波（12GHz）で見た太陽の直径の測定

観測装置：船が揺れても電波をキャッチできるように，異なる方位角，仰角に向けた13台のBSアンテナを用いた．

方法：日食によって起こる電波強度の変化から，太陽半径・微細構造を見積もる．

結果：船の揺れの影響で，ノイズが大きく太陽半径や微細構造については結果が出ていないが，地上での比較観測や奄美大島で取得された同様のデータ(Astro-HS)と比較・検討を行う．



写真4 . BS アンテナ

8.3 白色光コロナの高S/N観測

目的：コロナ密度分布の微細な構造を探る．インド，中国，日本，太平洋の広範囲でなされる白色光コロナの撮像を繋ぎ合わせて構造の振動などの時間変動を捉える．

観測装置： Nikon D50 + 望遠鏡：35mm 判換算焦点距離：1120mm
Panasonic Lumix G1 + 望遠鏡：35mm 判換算焦点距離：1000mm
Canon EOS 50D + 望遠鏡：35mm 判換算焦点距離：595mm

装置は、フリーストップ経緯台に同架した。この経緯台に同架したガイド装置による眼視太陽追尾により、船の揺れによる視点移動を補償する計画だったが、船上観測での視野の揺れを眼視で逐一追尾することは困難だったため、大まかに視野を補正しつつ、自動観測で多数枚撮影する方針とした。

観測時は、GPSによる正確な時刻・経度・緯度をもとに、PC制御であらかじめプログラムされたタイミングで露光時間変更、繰り返し撮像を行うような自動観測を行った。撮影には、「Eclipse Orchestrator」ソフトを利用した。

結果：日食進行の様子を写真5に示す。雲によりコロナの撮影はできなかった。



写真5 . 日食進行の様子

8.4 太陽近傍ダストの観測

目的：太陽近傍塵雲の空間構造の解明

塵雲の空間分布の推定 (3R)

Solar dust ring(s)仮説の検証 (~ 4 R)

観測：可視広視野 CCD カメラと近赤外線冷却測定器でFコロナの2次元輝度分布/偏光分布を調べる

結果：サイエンスデータは曇天のため取得できなかったが，海上観測に必要な，波によるポインティングの揺れを軽減する装置（ジンバル装置）の試作に成功した．



写真6 . ジンバル装置

8.5 ハイビジョンによる太陽コロナの広域撮像

目的：ハイビジョン（HDTV）カメラによる皆既食・コロナの撮影を行い、アウトリーチ及び天文・地学教育の資料・教材として活用することを目的とした。

観測：HDTVカメラ（SONY HDR X520）+透過回折格子（600本/mm）によるフラッシュスペクトルの撮像（太陽表面のガス・彩層のスペクトルを観測）。

HDTVカメラ+魚眼レンズによる全天・シャドーコーンの撮影。

超高感度TVカメラ（GOTO NC-R550a）+鉄輝線狭帯域（Fe X 6374）フィルターによるEコロナの撮影（コロナそのものの光で、コロナの構造を調べる）。

結果：雲のため、目的を達成できなかったが、皆既日食時の雲の様子を撮影した動画を仙台市天文台WEB内の天文観測ページにて公開している。

<http://www.sendai-astro.jp/observation/blog/2009/08/vol2.html>



←写真7. 観測の機材
右上先端部分が鉄輝線狭帯域フィルタ

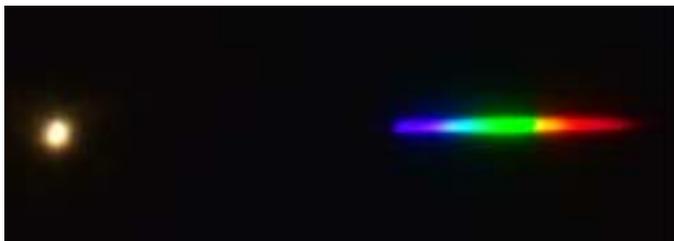


写真8. 観測によるスリットレススペクトル。
皆既5分前：左は0次の太陽像、右は一次像（スペクトル）。

8.6 日食による大気・気象変動の観測

大気・気象観測では、日食中の気象変動と大気粒子(エアロゾル)の計測を行うこととし、大気粒子計測は航海中に随時行い、大気粒子による可視と近赤外の波長領域の太陽光の減衰状況を調べる計画だった。しかし、航海期間を通して日中は曇の場合が多く、大気粒子計測を行うことができなかったため、日食中の気象変動の結果のみを報告する。

目的：日食中の気象変動を観測する

観測：気温・湿度（海面上1.5mと8m、アスマン通風乾湿計・Y-5014型・吉野計器）

風向・風速（海面上17m、風車型風速計・NM-5型・日本エレクトリックインスルメント）

海面気圧，海面水温，日射量
空の状態の撮影

～は10分間隔で計測，は1秒間隔で計測，は1分間隔で自動撮影を行った。

結果：風向・風速，気温，海面気圧の結果を図2に示す。第二接触前の10:50から急に風速10m/sec以上の風が吹き始めて第三接触後の11:20まで継続した。最大食時には風速が最大(12.7m/sec)になり，風向は南西から西（影の進行方向）に変化した。第三接触後の11:20に気温が2急に下がっ

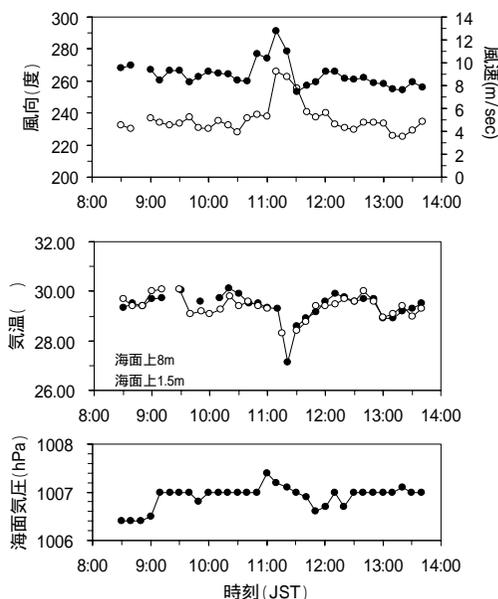


図2. 日食時の気象要素の変化

た。海面気圧は、最大食時の強い西風が吹く直前に高くなり、その後、徐々に低くなった。

これらの結果などから、本影内と外の空気塊の密度差による重力流が発生していたと考えられる。本影後方には雲の形成や降水などによりできた上空の冷気が下降して冷氣溜まりが形成され、それが第三接触後に気温が2℃低下した原因と考えられる。

9. おわりに

今航海は、太陽物理学、銀河物理学、惑星物理学、赤外線天文学、電波天文学、大気物理学、海洋物理学、海洋生物学など様々な分野の研究者・学生が集結して行われた。今まで行われてこなかった日食の洋上科学観測を行うに当たっては、船体動揺など克服しなければならないなど課題が多く、「挑戦的観測」という内容だったように思う。皆既日食は雲に隠されて観測できなかったが、船上観測のために製作した装置や観測結果はすでに学会や研究会などで報告され、今後も学会などでの報告が続く予定である。



写真9. 最大食のころの雲の様子

オレンジ色に染まった水平線付近の空に雲波のシルエットが浮かび、雲間には皆既日食中の夜空が見える。船の近くをスコールが通過し、目の前で雲が湧いた。この光景に、船上の誰もが言葉を失って見とれていた。