

## 2014年度秋季大会スペシャル・セッション 「放射観測に関する気象学・気候変動研究の進展」報告

世話人：早坂忠裕\*1・大河原 望\*2・高村民雄\*3・  
内山明博\*4・三枝信子\*5・藤谷徳之助\*6

### 1. はじめに

気象学および気候変動研究における放射観測の目的は、一つは、大気・地球表面の放射エネルギー収支を評価することであり、もう一つは、放射観測を利用して、気温・水蒸気・雲・エアロゾルおよび微量気体等の大気に関する情報を得ることである。現在では、地上、船舶、航空機、人工衛星など、様々なプラットフォームから観測が行われている。放射観測に用いる波長も紫外域から可視・赤外・マイクロ波にまで及ぶ。取得されたデータは放射計算を用いた解析のみならず、植物生態学における光合成の評価まで多様な分野で利用されている。放射観測が気象学および気候変動研究に対してどのように貢献してきたのか振り返り、また、今後の展望について議論することを目的として、2014年度秋季大会においてスペシャル・セッション「放射観測に関する気象学・気候変動研究の進展」を開催した。セッションには100名以上の出席者があり、放射観測の現状・精度、陸域生態系における放射観測、エアロゾルの観測等に関する計16件の発表が行われ、活発な議論が行われた。本稿ではスペシャル・セッションの概要を報告する。

### 2. セッションの概要

冒頭、世話人を代表して早坂より開催趣旨についての説明が行われ、その中で、地上での放射観測は非常に広範囲に行われているが、観測目的に応じた測器の利用・校正・運用を行うことが重要であり、関連研究者間の情報共有と協力により、放射観測データを活用することが今後の課題であるとの指摘が行われた。

①藤谷徳之助（環境研）他：国内における放射観測に関するアンケート調査結果

地球温暖化観測推進事務局が全国の38機関98観測サイトを対象に実施した放射観測の現状並びに放射観測機器の精度維持に関するアンケート調査結果によれば、特に分光日射計・光子量計において、校正等の実施が少ないことが明らかとなった。

②早坂忠裕（東北大）他：地上における放射観測の現状と課題

衛星観測の進歩により大気上端における短波放射および長波放射は全球規模で推定されるようになったが、それを検証する地上での短波・長波放射の観測は測器そのものや運用上の問題で品質にばらつきがある。分光放射計による観測は測器に起因する問題に加え、校正方法の確立が大きい課題となっている。

③堀 雅裕（JAXA/EORC）他：GCOM-C 観測プログラムの検証に向けた地上観測機材の校正・性能評価の取り組み

JAXA は地上観測機材の放射輝度と波長の校正に、3種類の積分球、Hg・Ar・Ne等の輝線ランプおよび分光応答度測定装置を使用している。分光放射計について積分球を使って計測した輝度測定値を、積分球値付け輝度と比較したところ、定期的にメーカー校正を受けている機材で5%、受けていな

\*1 Tadahiro HAYASAKA, 東北大学大学院理学研究科.

\*2 Nozomu OHKAWARA, 気象庁地球環境・海洋部.

\*3 Tamio TAKAMURA, 千葉大学.

\*4 Akihiro UCHIYAMA, 気象研究所.

\*5 Nobuko SAIGUSA, 国立環境研究所.

\*6 (連絡責任著者) Tokunosuke FUJITANI, 国立環境研究所. fujitani.tokunosuke@nies.go.jp

- い機材では10%以上のバイアスが生じている事例が認められた。
- ④山崎明宏（気象研）他：積分球を使ったスカイラジオメータの検定  
気象研究所ではスカイラジオメータ基準器の校正を、ラングレー法を用いて実施している。エアロゾル・雲の微物理特性を精度よく推定するためには、測定値に対する放射輝度の値付けが必要であり、JAXAにおいて積分球を使用して輝度レベルによるスカイラジオメータの校正を行った結果、ラングレー法と大気圏外太陽スペクトルを仮定して決めた校正定数とは相対誤差で-8%から0.7%の差であった。
- ⑤眞子直弘（千葉大）他：SKYNET/スカイラジオメータの立体視野角校正  
SKYNETで測定された単一散乱アルベド(SSA)はAERONETによる値に比べ3~8%程度大きくなるという問題があり、その原因の一つとして立体視野角(SVA)の過小評価の可能性が指摘されている。SKYNETのスカイラジオメータの立体視野角を、JAXA積分球を使って校正した結果、SVAの相違が過小評価の一因と考えられる結果が得られた。
- ⑥座間達也（産総研）：放射観測機器の信頼性向上—計量標準の観点から見た問題点と1提案  
気象関係機関では世界標準による集中スケール管理が、一方、計量標準機関では各々に確立した標準を用いた分散スケール管理が行われている。分光放射は有限バンド幅での積分値を使用するため、分光分布に不連続な飛びがある太陽放射評価の不確かさは大きくなりやすい。計測標準の観点から、放射観測機器の信頼性向上に向けてコミュニティ内での校正品質の確保・維持方法の検討と、既存校正サービスの活用を提案した。
- ⑦山田恭平（東北大）他：海上プイの下向き放射観測の精度  
海域での放射観測の精度評価について、太平洋黒潮領域のプイ(JKEO・KEO)と直近の基準地上放射観測網(BSRN)サイト(TAT:館野)の下向き放射観測の結果を、衛星観測及び再解析プロダクトと比較した。海上での長波と短波は特に快晴下で衛星や再解析プロダクトに対し、それぞれ過大評価と過小評価を示した。雨量・風速の影響についても評価を実施した。
- ⑧田口彰一（産総研）：大気上端正味放射と海面水温の関係  
衛星観測の大気上端正味放射と海面水温との関係について、2000年から14年間にわたり、緯度経度1度間隔の格子点で与えられた月平均値を比較した。1年の時間スケールで見ると大気上端正味放射は海面の加熱冷却と同時に変動しているが、1ヶ月の時間スケールで見ると海面の温度変化が大気上端の正味放射に先行していた。
- ⑨大河原 望（気象庁）他：気象庁における放射観測と気候変動研究への貢献  
気象庁は1930年代初めから国際的な観測基準に準じた日射観測を継続している。2010年から国内5地点において直達・散乱日射および下向き赤外放射の高精度観測を開始した。測器の校正はWMO準器に基づいて実施している。長期の観測データは、地球の放射エネルギー収支の把握、気候モデルや衛星プロダクトの検証等、気候変動研究に広く利用されている。IPCC第5次評価報告書の作成にも貢献している。
- ⑩堤 之智（気象大）：九州と沖縄地方での完全曇天時の全天日射トレンドについて  
気象庁の九州・沖縄の全天日射観測地点(13点)における1995年~2013年に観測された目視観測雲量と全天日射量データを使用し、09・12・15時の完全曇天時の全天日射トレンドを調査した。沖縄では減少傾向を示したものの有意なトレンドはなかったが、九州ではいずれの時間帯でも有意な減少トレンドが見られた。東アジア諸国のエアロゾル先駆物質の大量放出が日本付近での雲の日射透過率に影響を与えていると考えられるが、正確なトレンドを把握するにはもっと広域でのより長い観測が必要である。
- ⑪三枝信子（環境研）他：気候・陸域生態系変動把握に向けた観測ネットワーク活動と放射観測の課題  
1990年代以降、陸域生態系変動把握のため、世界規模では500地点(FLUXNET)、アジアでは100地点(AsiaFlux)で放射観測が行われている。観測には空白域があり、特に、分光放射観測や光合成有効放射は国際的にも校正方法が統一されておらず、標準化が急務である。
- ⑫村岡裕由（岐阜大）：森林の光合成生産力推定のための放射観測と生理生態学的研究の融合と展望  
森林の複雑な光環境における植物の光合成能力を

推定するためには、光合成に有効な波長（400～700 nm）の光を光量子（フォトン）単位で把握し、気象環境と植物や植生の生理生態学的応答の相互作用を解明することが必要である。また、リモートセンシングにより、分光反射情報を生理生態学視点で解析するための統合的・マルチスケール観測が必要である。森林の光合成生産力推定のための放射観測と生理生態学的研究の融合と展望について報告した。

⑬久米 篤（九州大）他：光合成有効放射と放射観測

近年、誤差数%以内の高精度な PAR（光量子計）地上観測が求められるようになり、PAR 測定精度について問題があることが判明した。市販の分光放射計（EKO-MS700）を利用した直散分離型分光放射測定システムを作成し、これを基準器として市販の PAR センサーの比較検証を実施した。入射角特性（コサイン特性）、センサー表面のよごれ、拡散版・フィルターの劣化等が精度に大きく影響することが判明した。

⑭工藤 玲（気象研）他：EarthCARE の ATLID-MSI 複合エアロゾルプロダクトの開発

EarthCARE 衛星に搭載される高波長分解能紫外ライダー（355 nm, ATLID）と多波長イメージャー（MSI）を複合利用したエアロゾルプロダクトのアルゴリズムを開発した。エアロゾル、太陽高度、海上風等に対してさまざまな状況を想定したシミュレーションデータを使ってテストした結果、消散係数の鉛直分布は非常によく推定され、モード半径も50%の誤差内であった。

⑮Khatri Pradeep (Chiba Univ.) *et al.*: Single scattering albedo inconsistency between CIMEL sun photometer (AERONET) and sky radiometer (SKYNET): Algorithm or data?

AERONET と SKYNET の SSA の不整合について、アルゴリズムによるものかデータによるもの

かを検証した。不整合の原因はアルゴリズムではなく CIMEL 社のサンフォトメータと PREDE 社のスカイラジオメータの機材校正を含む観測データの精度による可能性が高いと思われる。

⑯齊藤雅典（東北大）他：薄明の空の写真からエアロゾル光学特性を推定するアルゴリズムの開発

屈折と多重散乱を考慮した球核大気の放射伝達計算モデル JACOSPAR を用いて、薄明の空の写真からエアロゾル光学特性を推定するアルゴリズムを開発した。太陽天頂角と粒径モード体積比による感度を利用することで、写真からエアロゾルの情報を抽出するアルゴリズムを作成し、スカイラジオメータから得られたエアロゾルの光学的厚さ（AOT）と比較したところ、カメラから得られた日の出1時間後の AOT（対流圏+成層圏）は決定係数0.86と精度よく推定できた。

### 3. まとめ

気象学・気候学並びに陸域生態系の熱・水・炭素循環研究における放射観測の現状と課題が報告された。気候変動の要因を把握し、将来の影響を予測するため、放射観測は気象・気候のみならず広い分野で重要度を増している。日射計、赤外放射計など放射エネルギー観測用機器では観測や精度維持が国際的に標準化されてきているが、スカイラジオメータや光量子計など分光放射観測機器においては標準化が遅れており、その精度や校正にも課題が多い。分野を越えた情報共有と協力により、放射観測の信頼性を高め、観測データの有効活用を推進することが重要である。

なお、上記、地球温暖化観測推進事務局「放射観測機器の校正に関するWG」では、特に校正の方法や体系が確立されていない分光放射計を中心に、放射観測機器を利用する上で参考となる情報を取りまとめた技術的報告書を作成中である。