

WCRP の窓

地球規模気候変動における地表面放射収支 (SRB) に関する COSPAR/WCRP ワークショップ出席報告*

—1989. 10. 30~11. 3, ヴュルツブルグ, 西ドイツ—

山内 恭**

地表面における放射フラックスの長期変動のモニタリングおよび衛星地表面放射収支 (SRB) 観測を検証する地上データを提供するため、グローバルな地上放射観測ネットワークを作ろうという目的で、標記ワークショップが開かれた。これは、1988年10月に開かれた、WMO/ICSU の Joint Scientific Committee (JSC) for the WCRP の「放射フラックスに関する作業委員会」ジュネーブ会議の勧告 (WCRP-20) に基づくもので、その勧告は世界気候変動協同研究計画 (WCRP) の中で、地表面放射収支の長期モニタリングをすべく、短波長、長波長の放射フラックスを測定する地上観測点のグローバルなベースライン・ネットワークを樹立すべしと、いうものであった。議論の発端は、1985年のコロンビア (アメリカ) での NASA/WCRP/IAMAP のワークショップで、ここで気候変動研究における地表面放射収支データの重要性が指摘された (WCP-115)。1986年には、WCRP-ISCCP の一環として行われた FIRE 計画の中で、アメリカ、ウイソコンシン州で衛星地上検証実験が NASA を中心に実施された。1987年には、国際衛星地表面気候計画 (ISLSCP) として、衛星から地表面パラメータを導出するアルゴリズム検討のワークショップが、また1988年には、衛星から地表面放射収支を導出するアルゴリズムの比較、地上観測データとの比較検証のワークショップが NASA 主催で開かれてきた。これらの流れを受けて、今回のワークショップでは、(1) ウイソコンシン FIRE 計画での地上データと衛星による SRB 比較、(2) ISCCP データを中心としたグローバ

ルな SRB のアルゴリズムの比較、そして (3) SRB 地上観測点のグローバル・ベースライン・ネットワーク作りという3つの課題についての検討、打合せが行われた。

会議は15カ国から計40名が参加して行われた。その半数はアメリカ合衆国、5名が地元西ドイツで、残りが各国からという内訳である。このメンバーは、上記3つの課題に別れて、各々のパネルを構成した。5日間の会議のうち2日間は全体での会議、残りの3日を各パネル毎の集まりとした。全体会では、本ワークショップの位置づけ、任務について会議の招集者である G. Ohring (NOAA/NESDIS; COSPAR) や WCRP 放射の project manager である R. Schiffer (NASA Headquarter) そして地元 E. Raschke (ケルン大学、当時) より話があった。

引き続き、衛星による SRB 研究のレビューが行われた。短波長放射に関しては、地上での入射日射量を求めようとするより、実際に必要な正味放射量を直接求める方が、大気中の散乱の効果が相殺され精度高く求め易く、大気上端の正味放射量と地表面での正味放射量とは大変良い関係にあること (R. Cess: ニューヨーク大)。長波放射に関しては、衛星から気温や水蒸気等の大気パラメータを一旦求めておき、これらを使ってモデル計算を行う「フラックス計算法」よりも、衛星の観測放射強度 (例えば NOAA HIRS の放射強度) から直接地上での下向放射量を経験的關係から導出する「フラックス誘導法」の方が、有効であることが示された (Ellingson; メイン大)。しかし、どの方法をとるにせよ、 10 W/m^2 という精度を得るには未だ到っていない。

課題 (1) Wisconsin Intercomparison についての状況が、まとめ役の C. Whitlock (NASA Langley) から報告された。1985年の会議での、SRB を $\pm 10 \text{ W/m}^2$ で

* Report of the COSPAR/WCRP workshop on Surface Radiation Budget for Climate and Globalchange.

** Takashi Yamanouchi, 国立極地研究所。

求めるべしという要求に対し、現状は衛星キャリブレーションに20%、すなわち SRB にして 40 W/m^2 の誤差があること。グラウンド・トゥールズとの比較では2週間程度の比較では10%程度以内に一致するが、これは曇りと晴の日で相殺された結果で、個々の比較では RMS $\sim 100 \text{ W/m}^2$ となる大きな差があること。但しこれはアルゴリズムの問題というより、むしろ計算に使った入力パラメータ（水蒸気量が最大の不確定要素、その他雲頂高度等の問題）の問題である場合が多いこと。

課題(2)の Global Intercomparison については、同じく T. Charlock (NASA Langley) から報告された。1983年の7月を対象に、GOES E,W, Meteosat, NOAA, GMS の各衛星データをもとに計算された9グループによる SRB の結果が比較された。全球平均で、短波長下向放射は $218 \pm 18 \text{ W/m}^2$ 、長波長下向放射は $374 \pm 9.1 \text{ W/m}^2$ と、小さい RMS であった。しかし、地域毎にみるとバラツキの大きい場所があり、例えば極域では長波長では $\pm 18 \text{ W/m}^2$ に対し短波長で $\pm 100 \text{ W/m}^2$ と、相対的には $\pm 80\%$ におよぶ大きなバラツキが見られた。すなわち、各アルゴリズムの結果には重大な違いがあり、その違いが地域によって大いに異なる。但し、なぜ違うかは、純粋にアルゴリズムの問題か、それよりむしろ課題(1)同様計算に使った入力パラメータの故ではないか、ということ。

課題(3)の地上放射観測について、J. DeLuisi (NOAAA GMCC) がアメリカ国内の日射観測網の例から現状を報告した。日射計の検定の基準である空洞放射計の精度は 0.3%、それが全天日射計の検定精度は2~3%、そして野外観測の精度は5%程度となること。長波長放射については短波長以上に有効な放射計は無いこと、さらに長波放射については、検定方法についても標準的方法は確立していないことが述べられた。ただし、全天日射計の理想的な精度、2%程度が得られたとして、果たしてこのネットワークの目的の一つである長期変動が検知できるかどうかは、それ自身難しい問題である。赤外域でも、分光測定なら別だが、全波長の積分値で検知できるのは相当大きい変動があった場合である。今後の SRB 地上観測ネットワークの点として備えるべき条件、満たすべき基準の考え方が紹介された。

衛星センサーのキャリブレーションの問題については、C. Justus (ジョージア工科大) がまとめた。短波長については、衛星打ち上げ後には全くキャリブレーションが行われていないので、検知器の劣化が問題になっ

ている。雲を利用したり、地上のターゲットを使って工夫して感度変化を調べた結果、AVHRR 可視チャンネルでも NOAA 6 は変化ナン、NOAA 7 は 3.5%/年、NOAA 9 は 6.5%/年、NOAA 11 は打ち上げ後1年で5%の劣化が平均的に得られた。しかし、地表面状態が変化しないと仮定して地表をターゲットにしてキャリブレーションを行っているので気候変動はモニターできないわけである。長波長については、一応はオンボードのキャリブレーションが行われているものの問題は多そうだが、特に専門家が出席しなかったこともあり、あまり議論にならなかった。

その他、各出席者から一人10分間の“short presentation”(短報)が行われ、種々の興味ある報告があった。筆者もこの場で、南極域における NOAA 衛星観測による雲と、地上放射観測(昭和、みずほ、あすか)の比較の話をした。いずれ SRB 評価にも役立つ地上観測網である。

地上放射観測ネットワークの構築については、勧告をまとめるべくパネル(3)で議論した。1年近く前からのメンバーとのやりとりを通じて、DeLuisi がまとめた文案をたたき台に議論を進めた。その骨子は以下の通りである。精度の高い放射観測を行う観測点を全球に10~20点設置する(既存の観測点があれば、それを拡充する方向)。設置すべき地域は、特にグローバルにみて、気候状態を代表する場所、これまでの観測からみて特徴的放射収支を示す場所(極大、極小など)、衛星アルゴリズムの問題の多い所、地表面状態が特徴的な所、特有の大気現象を伴う所、衛星キャリブレーションに適当な所、などの条件を多く満たす所ということで、世界中から30弱の領域を選定した。その中で、具体的な観測点の満たすべき条件は、地表面状態が一様であること、障害物の無いこと、高層気象観測点より 50 km 以内であることなどである。そして、その観測所では、全天日射(2%、 5 W/m^2 の精度)、直達日射、散乱日射、大気放射(5%、 20 W/m^2)を測定する。上向放射もなるべく観測する。放射データのサンプリングは、1分平均値。地上気象観測を行うこと。その他、可能なら雲底高度(ライダー)、大気混濁度(サンフォトメータ)、全天写真、紫外線分光観測、可視・赤外の分光観測、観測塔を使うこと(上向放射)などが望ましい。

具体的に観測点の候補地として、既存の観測所を中心に参加者から紹介があった。日本の関係では、既に多くの観測を実施しており、条件を満し得る高層気象台と、

南極の昭和基地（地表面の代表性の点からは内陸基地の方が望ましいが、設営的に困難多い）を紹介した。エジプト；中国チベット高原；ブラジル；アメリカーポールドー、パミューダ；オーストラリアー中央部、カナダ……。

実際に観測網の一点となった場合、データの質に責任を持つことの重要性が指摘された。測器の検定に注意を払い、相互比較（準機を巡回するなど）を行う。可能な場合、二種類以上の方法で結果を求める（例：直達+散乱でも全天日射を求める）。データの評価委員会を設ける。

以上、最終的に5日間の討論をまとめて、WCRP Report として出版される予定。

衛星が進歩することで、地上観測にとって替わるのではと予想されていたものが、実は衛星観測を意味あるものたらしめるには、精密な地上観測が必要になってきたという大変変遷に富む議論であった。

SRB: surface radiation budget (地表面放射収支)

COSPAR: Committee on Space Research (宇宙空間研究委員会)

WCRP: World Climate Research Programme (世界気候変動国際協同研究計画)

WMO: World Meteorological Organization (世界気象機関)

ICSU: International Council of Scientific Unions (国際学術連合会議)

IAMAP: International Association of Meteorology and Atmospheric Physics

ISCCP: International Satellite Cloud Climatology Project (国際衛星雲気候計画)

ISLSLSCP: International Satellite and Land Surface Climatology Project

FIRE: First ISCCP Regional Experiment

HIRS: High Resolution Infrared Radiometer Sounder

GMCC: Geophysical Monitoring for Climate Change

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer

日本気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所	備 考
日本気象学会 平成2年度春季大会	平成2年5月23日 ～25日	日本気象学会	気象庁	Vol. 36, No. 12
国際シンポジウム Assimilation of Observations in Meteorology and Oceanography	1990年7月9日 ～13日	WMO	フランス, Clermont-Ferrand	Vol. 36, No. 3
宇宙科学の国際夏期大学	1990年7月30日 ～8月17日	CNES	マルセイユ	Vol. 37, No. 1
西太平洋地球物理会議	1990年8月21日 ～25日	AGU	金沢	Vol. 36, No. 6
WMO 診断と長期予報 に関する国際研究集会	1990年10月8日 ～19日	WMO	中華人民共和国	Vol. 36, No. 11
日本気象学会 平成2年度秋季大会	平成2年10月24日 ～26日	日本気象学会	京都府総合見本市会館	
第11回風工学シンポジウム	平成2年12月6日 ～7日	同専門委員会	中央大学理工学部	Vol. 37, No. 1
気候変動による環境・社会 影響に関する国際会議	1991年1月27日 ～2月1日	UNEP	筑波大学	Vol. 36, No. 11
第20回測地学・地球物理学 連合総会	1991年8月11日 ～24日	IUGG	ウィーン	Vol. 36, No. 12