

簡易日射計を用いた船上での日射量の測定*

萩野谷 成 徳**・藤 谷 徳之助***

1. はじめに

海上の日射量と長波放射量は従来から直接測定が困難であるため、一般海上気象観測で容易に得られる観測値等から、実験式を用いて推定することが行われている (Kondo and Miura, 1985; Reed, 1985). 海面での熱収支を見積る場合、日射量、長波放射量の見積り精度が、海面に入る正味エネルギーの精度を左右しているため実験式の適用範囲やその精度には注意を払わなければならない. 海面での熱収支式の各項 (日射, 下向き長波放射, 海面からの上向き長波放射, 潜熱) の大きさは日平均値で $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 程度であるが, ENSO 現象を引き起こす海水の熱容量の変動の大きさは $\pm 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ であるといわれている (WMO, 1990). 一方, 衛星による日射量推定も $\pm 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ の精度で求める努力がなされており, 実測データによる検証が必要とされている (Liu, 1989). このように現在各方面から, 海上での放射量を精度良く測定したデータが要求されている.

筆者らは, 最近熱帯域での観測船を用いた気象観測をこれまでに4回行ってきており (杉村ほか, 1989, 1990), いくつかの種類の日射計, 放射計を用いて日射量, 長波放射量の直接測定を行った. ここでは, 精密日射計と共に簡易日射計 (小糸工業製: IKS-35) を用いた日射量の連続観測を船上で行った結果について述べ, 更に簡易日射計を用いた日射量の自動観測についての可能性についても触れる.

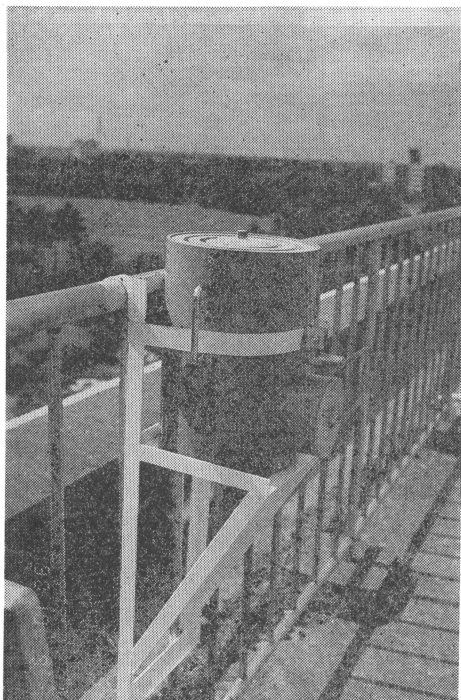


写真 ジンバルに取り付けた簡易日射計の外観.

ジンバルの寸法は $\phi=220 \text{ mm}$, $H=310 \text{ mm}$, $W=10 \text{ kg}$.

2. 観測装置

最近, 広域の日射量測定のために簡易日射量計測システムが考案され, プイを用いた観測が実施された (Hanawa & Kizu, 1990). このシステムの特徴は写真に示すようにコンパクトであること, 外部電源を必要としないこと, および長期間の観測が可能であることである. 問題点は, 通常の熱電堆式日射計とは波長別感度特性が異なることである (第1図参照). 太陽のエネルギースペクトルに第1図の感度を掛け波長積分して, 各日射計の出力が全太陽エネルギーのどの程度の割合を感知しているかが求められる. この結果 MS-801は96%,

* Measurement of global solar radiation on board making use of simple pyranometer system.

** Shigenori Haginoya, 気象研究所物理気象研究部.

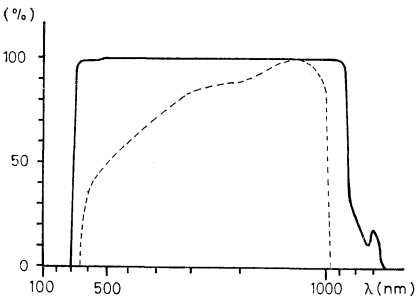
*** Tokunosuke Fujitani, 気象研究所応用気象研究部.

—1991年4月26日受領—

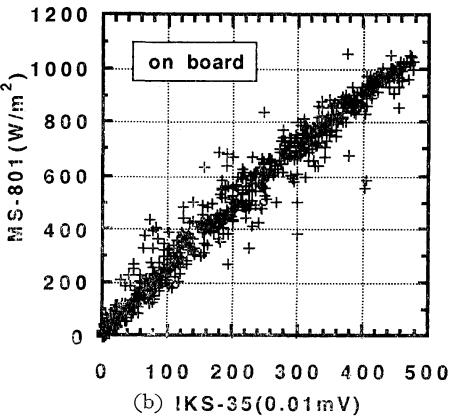
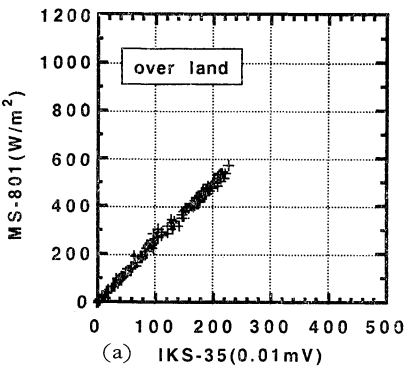
—1991年6月27日受理—

第 1 表 日射量の観測に用いた各日射量計測システムの主要スペック.

日射計	センサー	寸法(mm) 重量(g)	波長 (μ m)	データ収録 装置	寸法(mm) 重量(kg)	収録装 置電源
英弘精機 MS-801 ^a	熱電対	102 ^H ×130 ϕ 1600	0.3 ~3.0	英弘精機 SOLACⅢ経由 パソコン	300 ^H ×225 ^D ×122 ^H 7	AC100V
アーンデラー 2770	サーミスター ブリッジ	106 ^H ×50.8 ϕ 250	0.3 ~2.5	むさし・ブライ ・ボート [*] 経由 パソコン	307 ^H ×165 ^D ×28 ^H 1.3	AC100V
小糸工業 IKS-35 [#]	紫外～近赤外線 用シリコンフォ トダイオード	27 ^H ×15 ϕ ~50以下	0.35 ~1.15	コーナシステム KADEC-UP	175 ^H ×80 ^D ×58 ^H 0.8	内蔵 バッテリー



第 1 図 MS-801 日射計 (実線) と簡易日射計 (破線) の感度. それぞれの日射計の最大感度で規格化してある.

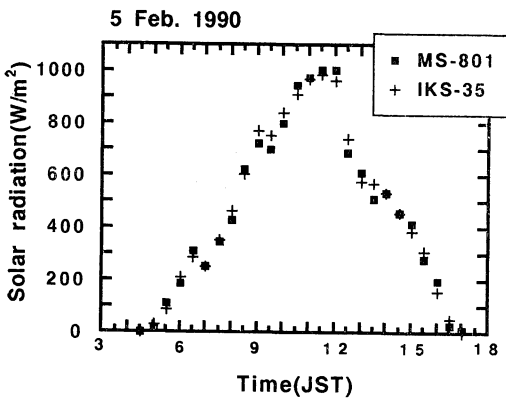
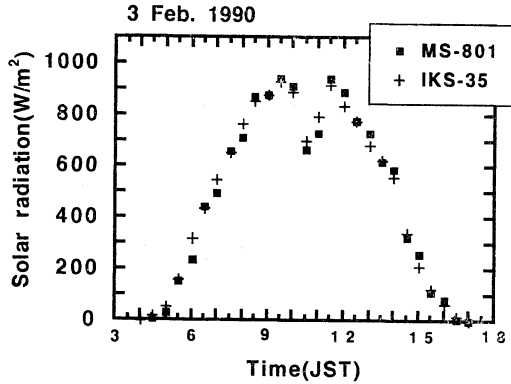


第 2 図 30分平均の IKS-35 の出力 (0.01 mV) と MS-801 で測定した日射量との比較. a は陸上, b は船上データ.

IKS-35 は47%となる. IKS-35 の出力から日射量を計算するには予め IKS-35 の出力を熱電堆式日射計の日射量を用いて校正し, その校正曲線を使う. 陸上においていろいろな気象条件で日射計の校正を行った結果によると, 全天日射量は日平均値で約 $6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ のばらつきで推定でき, 十分実用に耐えることが確認されている (Hanawa & Kizu, 1990). しかし動揺のあるブイや船上での測定精度の検討については, 気象庁ブイ搭載の CdS 型日射計や太陽電池型日射計については行われているが (遠藤ほか, 1987), 本システムについては行われていない. ここでは本システムが海上観測に使用可能かどうかを, 同一のプラットフォームに設置した精密日射計との比較結果に基づいて検討する.

日射量の観測に用いた各日射量計測システムの主要仕様を第 1 表に示す. MS-801 とアーンデラー日射計はコンパスデッキに設置した感部から信号ケーブルを室内まで引き込んで記録計に接続している. この表からも IKS-35 が簡易システムであることがわかる. 各日射計は陸上での校正の外に, 基準となる日射計 (英弘精機製: MS-801) を用いて船上で校正した. 船上校正の利

点は, 特に赤道域において太陽高度の大きいときの校正ができること, 水蒸気量の多いときの校正ができること, 船上でデータの品質管理が直ちにできることである. その反面, 船体の動揺が測定値のばらつきの原因と

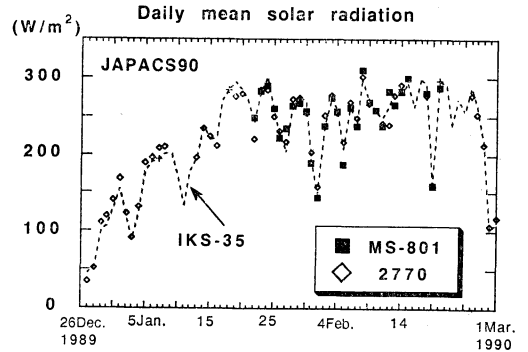


第3図 30分平均日射量の時系列例。■印は MS-801, +印は IKS-35 の測定値。

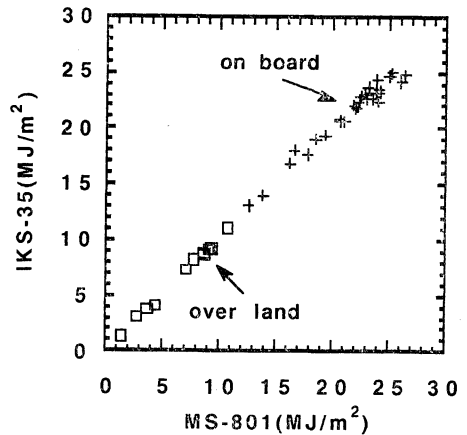
なる。なお、船体の動揺が日射量におよぼす影響の見積りも行った。ジンバル等を使用しないで船体に日射計を固定した場合は、動揺の周期（数十秒）よりも十分に長い平均値に対しては系統的な誤差はほとんど無いことが明かとなっている。

3. 観測結果

第2図に30分平均値の IKS-35 の出力と MS-801 の日射量との関係を示した。aは陸上、bは船上での較正結果である。陸上に比べて船上でのデータのばらつきが大きい原因は、主として船体の動揺に対して2つの日射計のジンバルが同じように作用していないことにある。特に大きくばらついているデータは悪天候のものである。また日射量と IKS-35 の出力との関係は直線関係ではなく、日射量が $200 \sim 800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ の範囲では IKS-35 の出力が小さめに出ているように見える。これについて



第4図 日平均日射量の時系列。■印は MS-801, ◇印は2770, 点線は IKS-35 の各日射計の測定値。



第5図 日積算日射量の比較。□印は陸上較正, +印は船上較正。

は目下のところ IKS-35 日射センサーの特性によるものかどうか調査中である。日射計自体が平均的に傾いていることによってこのような現象が生じることも考えられるが、船は観測期間中に経線に沿って南北方向に移動しているため、このように再現性のある関係は生じないと考えられる。

IKS-35 の出力から日射量を求める較正曲線は上の点を考慮して2次式を用いた。第3図はこの較正曲線を使って計算した30分平均の日射量の時系列を示す。日射量の変動をよく再現している。

第4図に全観測期間の日平均日射量（日積算日射量を1日の時間で割ったもの）の時系列を示す。各日射計で測った日々の日平均日射量の変動がよく一致している。

第5図に日積算値の比較を示す。精密型全天日射計(MS-801)を基準にした場合、日積算日射量は自乗平均誤差の平方根： $R.M.S.=0.86 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (日平均日射量 $=10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ に相当)で測定可能である。この値は実験式の推定誤差よりも良い(萩野谷ほか, 1990)。以上のことから観測担当者が乗船していない期間においても、MS-801を基準にした場合 $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ の精度を保った観測が可能であることがわかる。

4. まとめ

簡易日射計は再現性が確認され、また日射量の観測精度は日平均日射量にして $\pm 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度であることが示された。これは実験式を用いる方法よりも精度が高い。今回の結果、日射量は $\pm 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ の精度で無人観測が可能であることが裏付けられた。この結果からブイで得られたデータも信頼性の高いものとなる。

謝 辞

本研究は科学技術庁科学技術振興調整費「太平洋における大気・海洋変動と気候変動に関する国際共同研究(JAPACS)」によって行われた。計画の遂行にあたり研究推進委員会をはじめ各方面の方々にお世話になりました。また今回使用した簡易日射量計測装置は東北大学理学部の花輪助教授からお借りし、アーンデラー日射計のデータは海洋科学技術センターの安藤健太郎氏から提供して頂きました。ここに記して感謝致します。

参考文献

遠藤昌宏, 木村吉宏, 吉岡典哉, 1987: 気象庁ブイ

ロボット搭載の日射センサーによる全天日射量の推定精度について, 気象庁研究時報, 39, 213-217.

萩野谷成徳, 安藤健太郎, 藤谷徳之助, 花輪公雄, 1990: 熱帯域における放射観測, 日本気象学会1990年春季大会講演予稿集, 57, 219.

Hanawa, K. and S. Kizu, 1990: In situ measurement of solar radiation over the sea south of Japan. J. Meteor. Soc. Japan. 68, 607-611.

Kondo, J. and A. Miura, 1985: Surface heat budget of the Western Pacific for May 1979. J. Meteor. Soc. Japan, 63, 633-646.

Liu, W.T., 1989: Use of *in Situ* and satellite data for heat flux determination. WOCE SURFACE FLUX DETERMINATIONS-A STRATEGY FOR *IN SITU* MEASUREMENTS. WMO/TD No. 304., II. 6.1-II. 6.5.

Reed, R.K., 1985: An estimate of the climatological heat fluxes over the tropical Pacific Ocean. J. Climate Appl. Met., 24, 833-840.

WMO, 1990: WCRP Publications series. No. 3 Addendum Scientific plan for the TOGA COARE, WMO/TD No. 64 Addendum.

杉村行勇, 藤谷徳之助, 萩野谷成徳, 鈴木 款, 丸山健人, 森 一正, 1989: 熱帯域におけるフラックスの精密観測, 科学技術振興調整費昭和63年度成果報告書「太平洋における大気・海洋変動と気候変動に関する国際共同研究」, 21-32.

_____, _____, _____, 吉川久幸, 1990: 熱帯域におけるフラックスの精密観測, 科学技術振興調整費平成元年度成果報告書「太平洋における大気・海洋変動と気候変動に関する国際共同研究」, 21-28.