

船上の雨量観測について（続報）*

原 見 敬 二**

要 旨

船上で通常の雨量計を用いる場合、風速が大きいほど気流の乱れの影響を受けて雨滴の捕捉率が小さくなることが知られている。

この欠点を除くためフラスコ型自記雨量計を試作した。この原型は本誌の1971年11月号に記載されているとおりである。試作の雨量計は受水器に倒立させたフラスコを用い、その口管を伝わる雨水を下方の計測部に導びき 0.5mm 相当量が貯水することに作動・排水する電磁弁を用いた有線隔測器である。

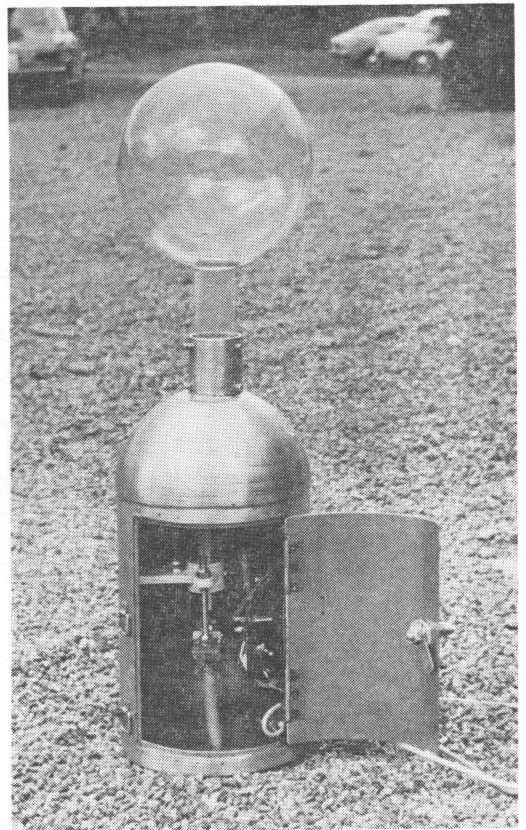
1971年12月、舞鶴海洋気象台所属の清風丸（355t）に設置して円筒型指示雨量計と比較した結果について考察した。

1. はじめに

わが国で船上の雨量観測を業務として実施しているのは定点観測船「おじか」、「のじま」と気象庁観測船「凌風丸」、「啓風丸」の4隻だけである。「啓風丸」では電接式雨量計を用いており、他はサイフォン式自記雨量計である。

これらの雨量計はいずれも口径 20cm の受水器を船上に設置しており、サイフォン式は観測室にある記録部まで導水管で結んである、このため雨水が管壁を流れる際、蒸発や吸着するなどの測定誤差を生じる。電接式は受水器からの水を電磁弁を用いて 0.5mm ごとに電接・排水する仕掛けで観測室へは有線で記録させる。しかし、サイフォン式では受水器に対する船体の影響を少なくするため高所へ設置するほど導水管による誤差が多くなるであろうし、電接式を用いてより高所へ設置しても通常の受水器を用いる限り船の動揺や気流の乱れの影響を受けて雨滴の捕捉率は小さくなる。

上記の欠点を除くつもりでフラスコ型自記雨量計を作製した。受水器には倒立させたフラスコを用い、計量部には電磁弁を応用した。原理としては「啓風丸」のそれと同じだが細部の機構についてはかなり異っている。この雨量計を清風丸に設置して強風時と弱風時の観測例を得たので、その機構と受水状況について円筒型雨量計と

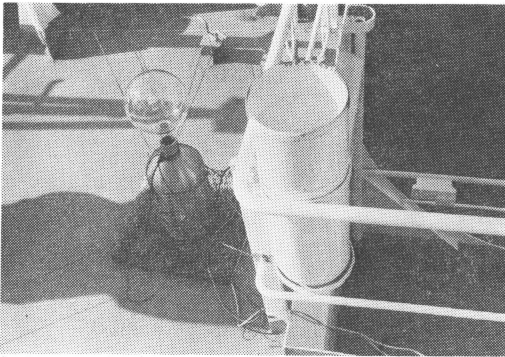


第1図 a. フラスコ型自記雨量計の外観（記録部を除く）

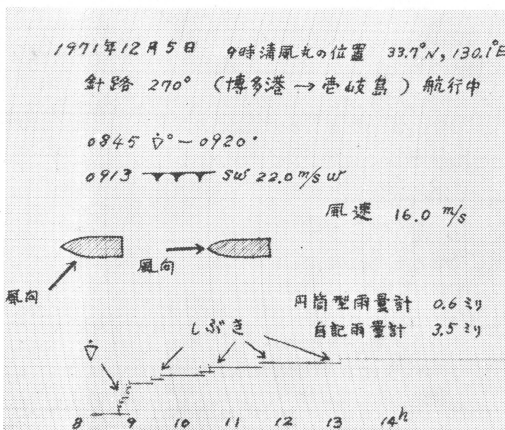
* On the Rain Pluviometry of the Ships(2nd paper)

** K. Harami 舞鶴海洋気象台（現在 神戸海洋気象台）

—1972年3月4日受理，1972年7月4日改稿受理—



第3図 清風丸のアップブリッジに設置したフラスコ型自記雨量計(左)と円筒型雨量計(右)



第4図 強風時の観測例

でありロープなどで船上の何処にでも設置することができる。

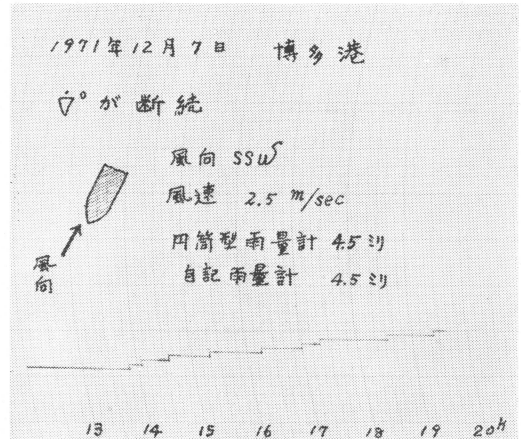
フラスコ型自記雨量計の計測装置は第2図のとおりで、電源は AC 100V, 1パルス 0.5mm (微調整装置付)、測定範囲 150mm/hr, 精度 $\pm 3\%$ である。

3. 観測結果

フラスコ型自記雨量計は第3図のとおり清風丸のアップブリッジ（海面よりの高さ 5.1m）の右舷側ウィングの付根に設置し、電算計数は観測室に置いた。また円筒型の指示雨量計はウィング付根のハンドレールの外側に取り付けた。

円筒型の雨量計には風除けもなく、ブリッジに沿って吹き上げる風が強いほど雨滴の捕捉率は小さくなる。フラスコ型雨量計は指示器としては原見（1971）が実験済みであり、風速が強いほど捕捉率が大きくなる。

さて第4図は清風丸が玄界灘を西に向かって航行中、寒1972年7月



第5図 弱風時の観測例
(図中の ∇° を \bullet° に訂正)

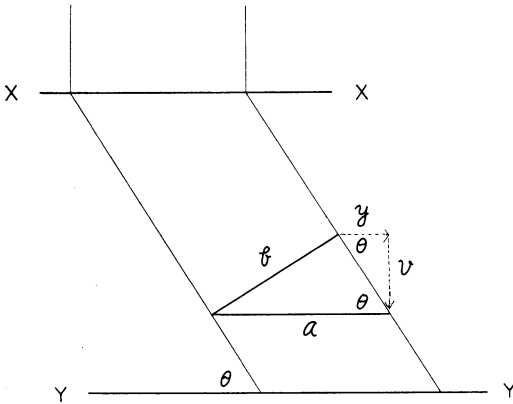
冷前線に遭遇したときに得られた自記紙である。始めは風向が南西であったため雨量計に海水のしぶきの飛び込みは全くなかった。しゅう雨の後、風向が西になってから船首のすくう海水飛沫が時々飛び込むようになった。従って前線通過前の観測値について取り上げることになる。フラスコ型自記雨量計は 3.5mm を記録し、傍の円筒型指示雨量計では 0.6mm で、降雨中の相対風速は平均で 16m/sec であった。

第5図は博多港で停船中に観測した地雨の記録紙で、このときの平均風速は 2.5m/sec でフラスコ型自記雨量計は 4.5mm であった。円筒型の雨量計も 4.5mm で同量であった。

ただし、寒冷前線による雨量は壱岐航空測候所も、福岡管区气象台でも 0.0mm であった。玄界灘では積乱雲の最盛期に当り、目視の降雨状況から判断すれば円筒型の 0.6mm は少な過ぎるように思われた。また地雨の方は清風丸の南西方 4km の福岡管区气象台に 3 時間ほど先行して降っているかにみられ、清風丸では 7 日 13 時から 19 時まで 4.0mm で、福岡管区气象台では同日 15 時から 24 時まで 3.5mm であった。なお、この時は弱い冬型気圧配置で福岡県沿岸地方では海岸収束線のため南風場であり、その圏外にある壱岐航空での雨量は少なくとも 0.5mm であった。

4. 捕捉率の考察

第6図に示すとおり、xx 面から上は無風で、それから下には風のある場合の降雨について考える。気流の乱れがなく、雨滴の落下速度 (v) が一定であるとすれば、xx 面から上の円形断面の降雨は xx 面から下では傾斜



第6図 風がある場合の受水状況

- a: 受水口の断面 (長径)
 b: 受水口の断面 (短径)
 v: 雨滴の落下速度
 y: 風速
 θ : 雨滴の傾斜角
 xx, yy: 境界層

角 (θ) を持ち、これに垂直な断面は楕円となる。そして雨滴の傾斜角 (θ) がどのように変動しても、その楕円の長径 (a) は変らなく、短径 (b) のみが変動することになる。y を風速とすれば、フラスコ型の捕捉率 (円筒型雨量計の捕捉率は 1) を x として、

$$x = \frac{\pi a^2}{\pi ab} = \frac{a}{b} = \frac{\sqrt{y^2 + v^2}}{v} = \operatorname{cosec} \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

を得る。すなわち、フラスコ型の雨量計は a/b の比で円筒型の雨量計よりも多くの雨滴を捕捉することになる。ただし、この関係は、両雨量計がその断面に入ってくる雨量をすべて捕捉すると仮定し、また地物による気流の乱れないことを前提としている。

(1)式から

$$y^2 = v^2(x^2 - 1) \quad \dots\dots\dots (2)$$

さて、前回の報告 (1971) において、x と y の関係を表わす実験式

$$y = 9.1\sqrt{x-1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

を求めたが、雨滴の落下速度は雷雨や地雨などその雨の性質によって異なるはずであり、一つの実験式で表わす

- 1) v を一定と考えた場合、物理的な考察を含めての実験式としては $y = a\sqrt{x^2 - 1}$ とする方が妥当であった。

ことは無理である¹⁾。前論文の第4図において、 $y = 9.1\sqrt{x-1}$ の曲線より左側の実測値は $v \approx 10\text{m/sec}$ 、右側の実測値は $v \approx 2 \sim 3\text{m/sec}$ の降雨群に相当していると推定される。また前節の第4図の例について考えると、これは積乱雲からの降雨であり、雨滴の落下速度は 8m/sec と推定される。この場合、風速は 16m/sec であるから、(2)式より $x = 2.24$ を得る。一方フラスコ型と円筒型の雨量比 (x') は $x' = 3.5/0.6 = 5.8$ となる。すなわち、 $v = 8\text{m/sec}$ としたときには(2)式の曲線から大きく右側にはずれる。これは円筒型が気流の乱れの影響を大きく受けていることを示唆している。一方、第5図の場合は風速が 2.5m/sec のときの地雨であり、雨滴の落下速度は $2 \sim 4\text{m/sec}$ と推定される。したがって $x = 1.6 \sim 1.2$ となる。実測によると、 $x' = 1.0$ であり、このくい違いはフラスコ型の捕捉率が $y=0$ のときに1より小さいことを暗示している。

要するにフラスコ型の雨量計は気流の乱れの影響が小さいため雨滴の捕捉率が大きくなる利点と、風速が大きくなるほど捕捉率が実際より大きくなる欠点を合せ持っている。さらに、円筒型の雨量をフラスコ型の測定値から推定するためには、降雨毎の雨滴の平均落下速度を知る必要と、フラスコ型の雨滴のハネ返りや流線のフラスコによる変化を補正する方法を確立する必要がある。

5. おわりに

今回、試作したフラスコ型自記雨量計により強風時と弱風時に船上で測定することができた。この試作の雨量計は通常円筒型の雨量計よりも風が強いほど捕捉率が大きくなる。これは気流の乱れの影響が小さいことと、雨のフラックスを受ける結果になるからである。前者は利点であり後者はむしろ欠点である。この利点と欠点を分離することによって、フラスコ型自記雨量計の実用性を増すようにしたい。さし当り、この雨量計と風速計を組み合わせ、風速に対応した雨量をキャンセルして記録する方法が考えられる。とにかく、フラスコ型で得る雨量を水平面の雨量に換算する方法を見出すことが必要である。

なお試作の雨量計は船首付近に取り付けられしづき計として使用できるであろうし、計量装置は他の方式の受水器に接続して自記することもできる。

終りに、このフラスコ型自記雨量計を作製するに当たり、須田舞鶴海洋気象台長より便宜と激励を受け、川鍋海上気象課長ご指導のもとに一応の完成をみる事ができた。また計量部のうち電気部門については神戸海洋気

象台の神戸正雄氏に設計して頂いた。この段階で沢田芳夫氏にも面倒を掛けた。さらにこの報文を作製するに当り気象庁の関口理郎氏より懇切なご教示を受けた。なお気象研究所からは研究費を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

原見敬二, 1971: 船上の雨量観測について, 天気, **18**, 583-587.

【通信欄】

昭和46年度大学院卒業論文（気象学関係）

および気象大学校卒業論文一覧

1. 大学院卒業論文 いずれも理学系研究科。氏名（大学，課程名）論文題目，発表雑誌名の順。

博 士 論 文

・ 林 良一（東大地球物理）
大規模赤道波動の理論的研究

5 部にわけ，気象集誌
1970年 4 月号
1971年 2 月号
1971年 8 月号
1971年12月号
1971年12月号に掲載

・ 西尾文彦（北大地球物理）
地吹雪における乱れの消散率測定
未発表

・ 滝沢隆俊（北大地球物理）
氷の熱膨張係数
未発表

修 士 論 文

・ 山見信之（北大地球物理）
過冷却水滴の凍結と氷片，雪結晶による氷晶発生
未発表

・ 太田幸雄（東北大地球物理）
汚染大気による太陽放射の伝達
未発表

・ 川田邦夫（北大地球物理）
積雪の三軸圧縮試験
未発表

・ 三浦 恭（東北大地理）
東北地方の降雨量分布の解析
Sci. Rep. Tohoku Univ. (Geogr.) に投稿予定

・ 桂 正樹（北大地球物理）
X線による氷の粉末の研究
未発表

・ 松尾敬世（名大地球科学）
降雨中の化学成分とその捕集機構について
未発表

・ 井上雅之（北大地球物理）
全放射に対する湿り雪の反射及び吸収
未発表

（以下 388 ページに続く）