

2015.03.14 京都大学理学部地球物理学教室同窓会
退職記念講演

風を測る、雨を測る 地上気象観測の課題

京都大学防災研究所

林 泰一

潮岬風力実験所



風を測る

多良間島の自動気象観測装置の設置 平成19年5月



自動気象観測装置を西から撮影



風向風速計と日射計

回転式風速計について

運動方程式

$$I \frac{d\omega}{dt} = M$$

M: 風速計の加速 or 減速トルク
I: 風速計の慣性能率
 ω 回転角速度
t: 時間

加速時 $M > 0$

$$M = \frac{1}{2} C_d \rho V_a^2 n \pi R_0^2 R$$

減速時 $M < 0$

$$M = \frac{1}{2} k_d \rho \omega^2 n \pi R_0^2 R^3$$

トルク係数

$$C_d = C_{d0} \left\{ 1 - \lambda_0^2 \left(\frac{\omega R}{V_a} \right)^2 \right\}$$

$$k_d = k_{d0} \left\{ \left(\frac{V_a}{\omega R} \right)^2 - \lambda_0^2 \right\}$$

定常風速 V_a の較正トルク係数

$$\lambda_0 = V_a / \omega R$$

指示風速

$$V = \lambda_0 \omega R$$

整理すると

$$\frac{dV}{dt} = C_A (V_a^2 - V^2)$$

$$\frac{dV}{dt} = C_D (V_a^2 - V^2)$$

$$C_A = \frac{C_{d0} \lambda_0 \rho n \pi R_0^2 R^2}{2I}$$

$$C_D = \frac{k_{d0} \lambda_0 \rho n \pi R_0^2 R^2}{2I}$$

加速時の応答

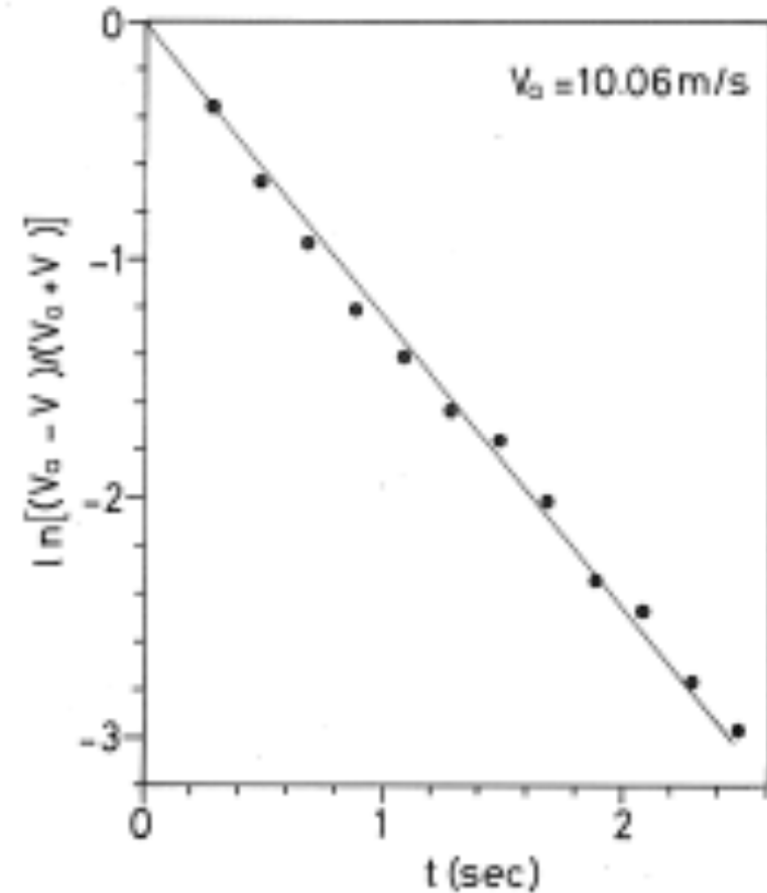
初期条件 $V=0$, at $t=0$

$$\ln \left(\frac{V_a - V}{V_a + V} \right) = -2C_A V_a t$$

傾き $-2C_A V_a = -1.233$

$V_a = 10.06 \text{ m/s}$ なので

$C_A = 0.0612 \text{ m}^{-1}$

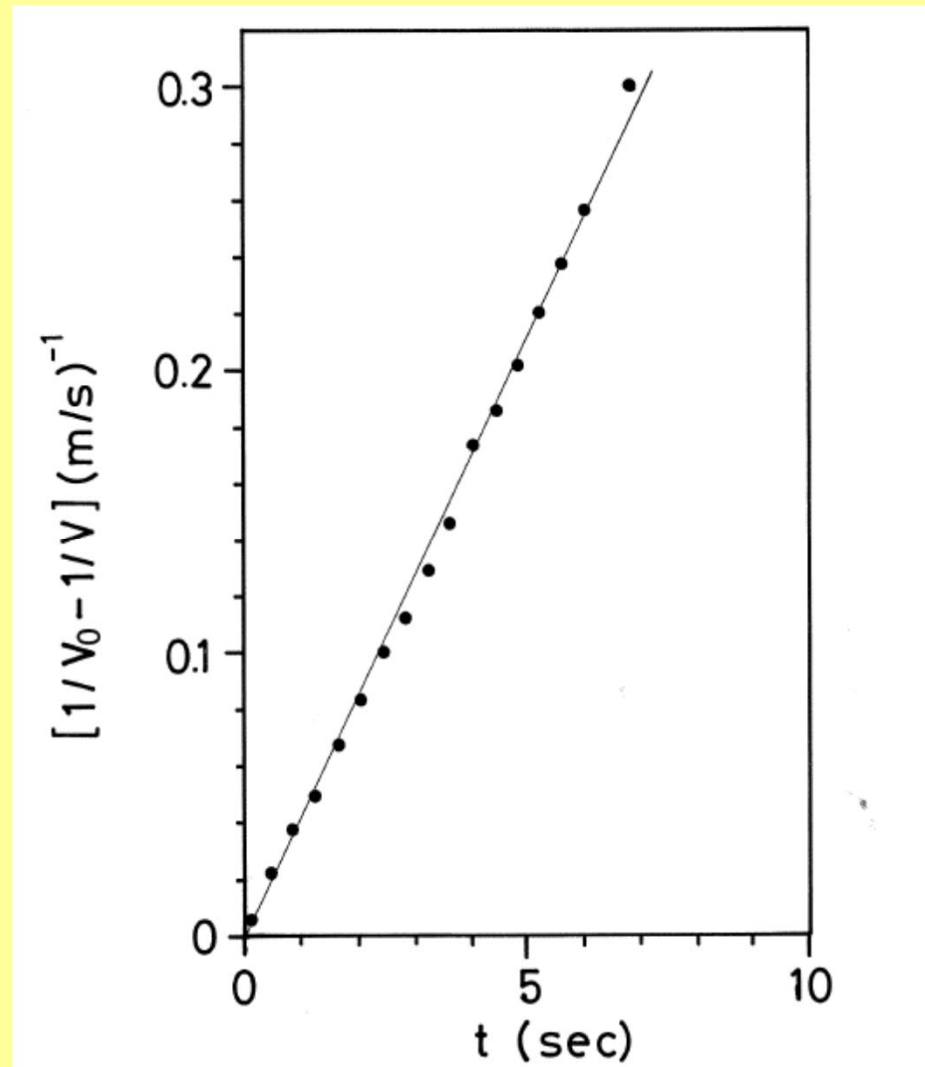


減速時の応答

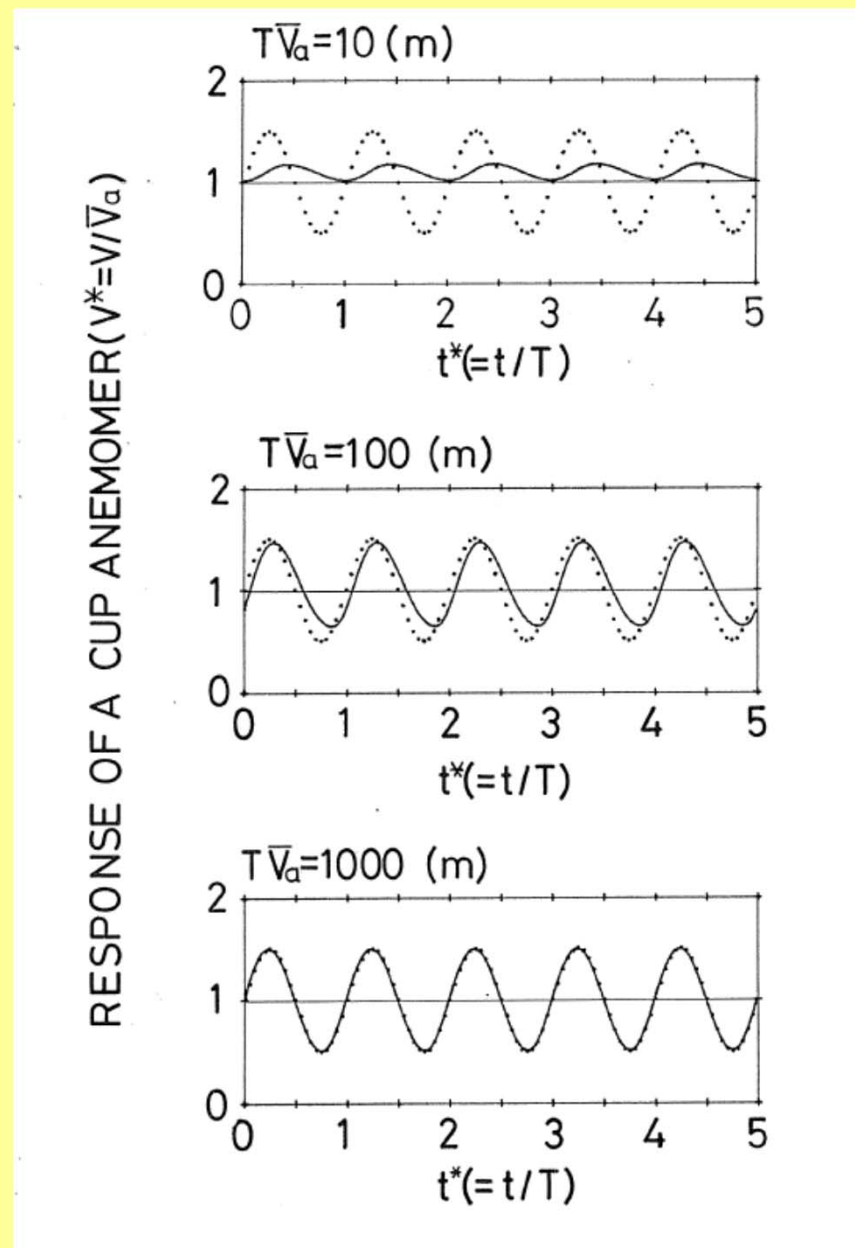
初期条件 $V=V_0$, at $t=0$
境界条件 $V_a=0$

$$\frac{1}{V_0} - \frac{1}{V} = - C_D t.$$

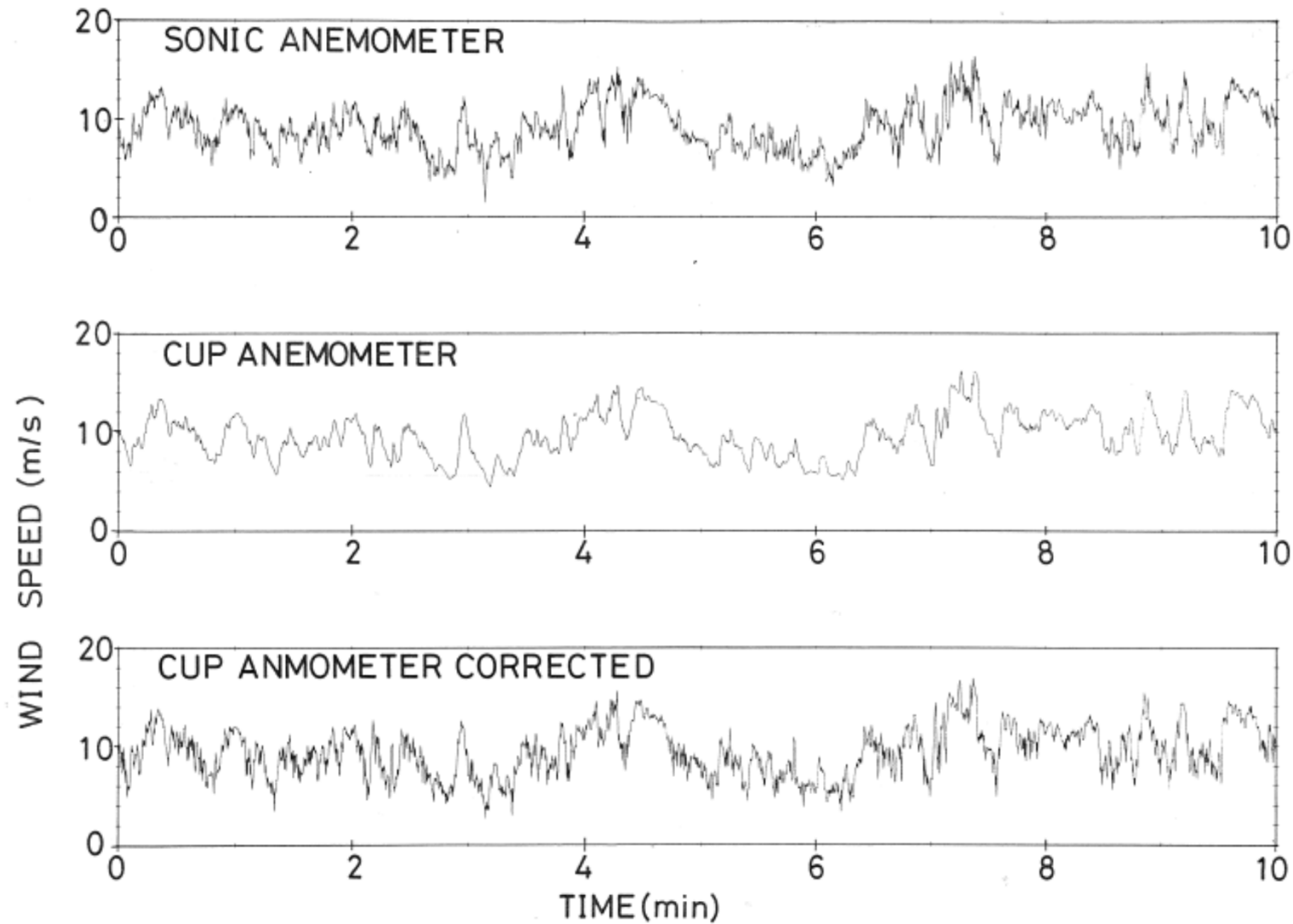
$$C_D = 0.0612 \text{ m}^{-1}$$



風速計の正弦風速に対する応答



超音波風速計との比較観測



$$V_a = \left(V^2 + \frac{1}{C} \frac{dV}{dt} \right)^{1/2},$$

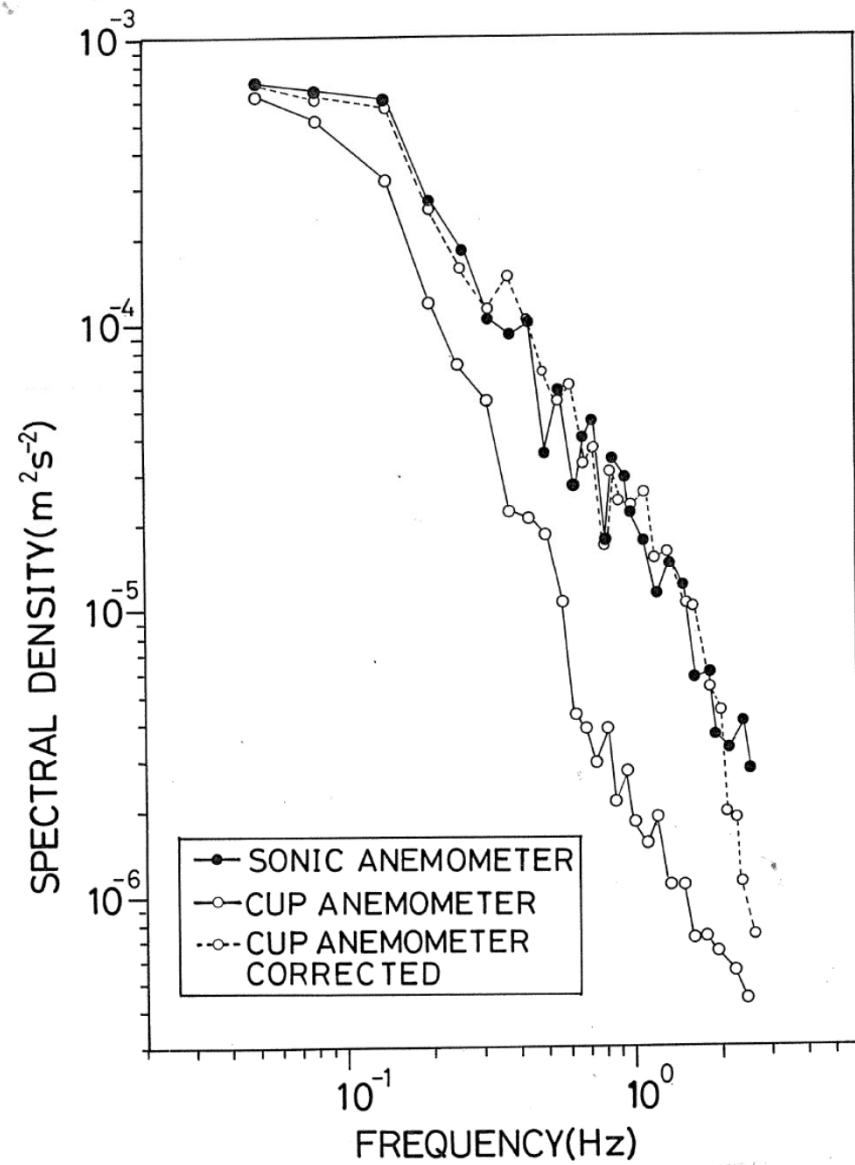
where

$$C = \begin{cases} C_A & ; \text{ in the accelerating state} \\ C_D & ; \text{ in the decelerating state.} \end{cases}$$

$$V_{a,i} = \left(V_i^2 + \frac{1}{C} \frac{V_{i+1} - V_{i-1}}{2\Delta t} \right)^{1/2}.$$

$$C = \begin{cases} C_A & \text{if } (V_{i+1} - V_{i-1}) > 0 \\ C_D & \text{if } (V_{i+1} - V_{i-1}) < 0 \end{cases}$$

PSDの比較



3次元超音波風速計



風速変動 超音波風速計の原理

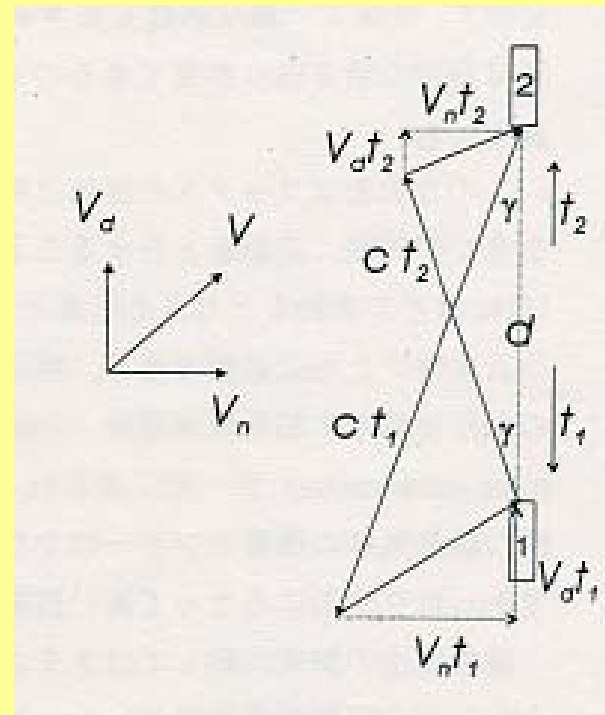
$$t_1 = \frac{d}{(c \cos \gamma - V_d)}$$

$$t_2 = \frac{d}{(c \cos \gamma + V_d)}$$

$$\begin{aligned} t_2 - t_1 &\approx \frac{2d}{c^2} V_d \\ &= \frac{2d}{403T(1 + 0.32e/p)} V_d = \frac{d}{201.5T_v} V_d \end{aligned}$$

$$T_{sv} = T \left(1 + 0.32 \frac{e}{p} \right)$$

$$\frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} = \frac{2}{d} V_d$$



温度変動

$$\frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_1} = \frac{2}{d} (c^2 - V_n^2)^{\frac{1}{2}}$$

音速(c)は $c^2 = 403T(1 + 0.32e/p)$

$$T(1 + 0.32\frac{e}{p}) = \frac{d^2}{1612} \left(\frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_1}\right)^2 + \frac{1}{403} V_n^2$$

$$T = \frac{T_n + V_n^2 / 403}{1 + 0.32e/p}$$

雨を測る

Tipping Bucket Rain Gauge



Tippingt bucket





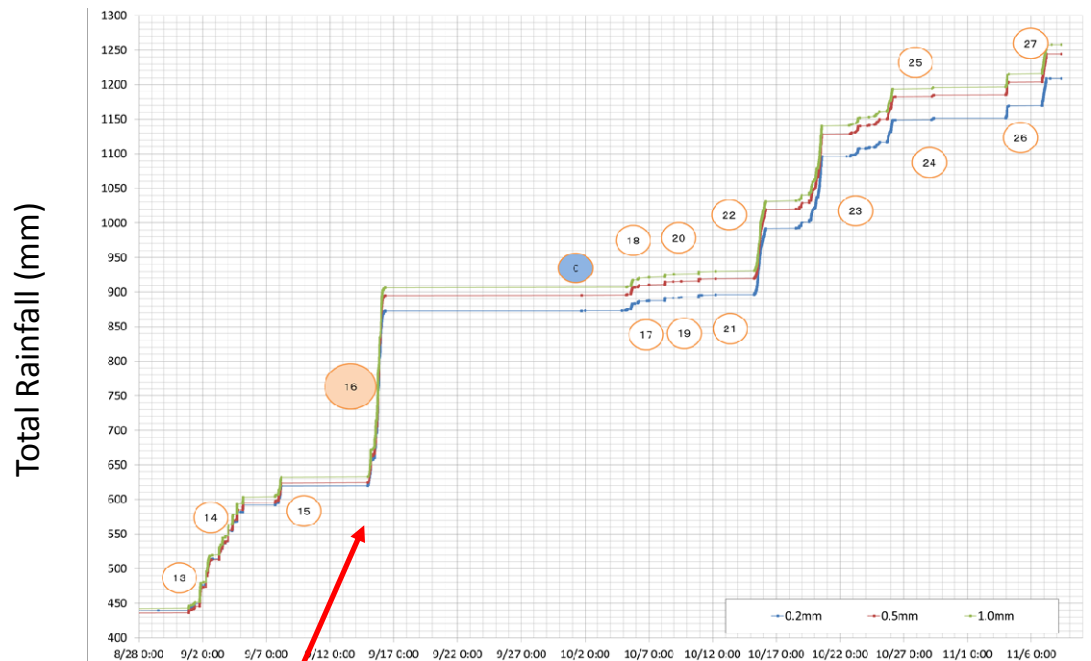
Raingauges
1.0mm, 0.5mm、0.2mm

Test Field



Result

Time series from August 28 to November 8



Typhoon approach

- ①、②...: Rainfall series : rainfall recorded by 0.2mm, 0.5mm, 1.0mm raingagues
- A、B... : No. rainfall record by 1.0mm raingauge
- Rainfall : Rainfall series are separated by the period of no rainfall for 12 hours

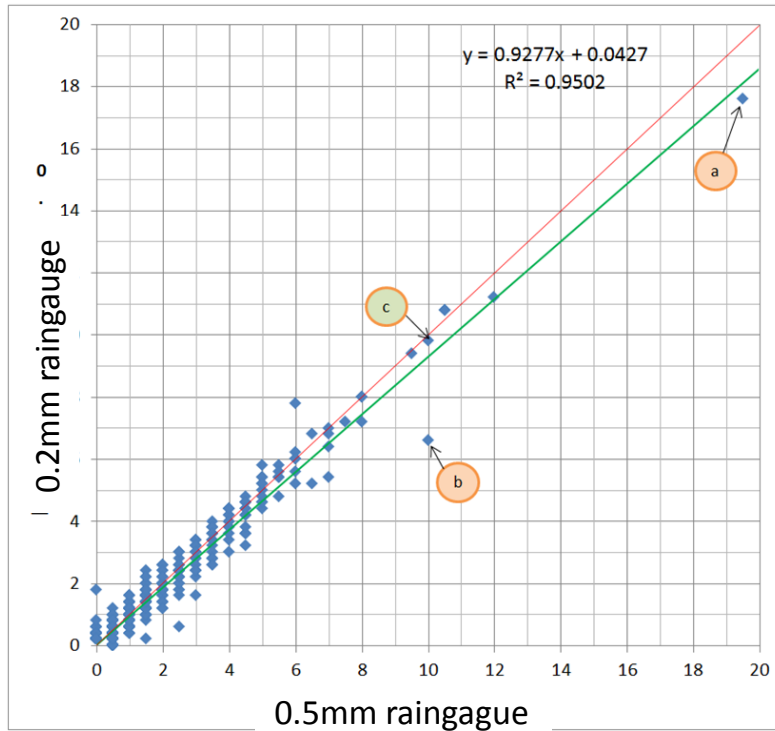
Total amount of rainfall

- 0.2mm type 1209.4mm
- 0.5mm type 1244.5mm
- 1.0mm type 1258.0mm

- Differces
 - 35mm between 0.2mm type and 0.5mm type
 - 13mm between 0.5mm type and 1.0mm type

6.2 10min rainfall

Comparison between 0.2mm and 0.5mm raingauges



Samples: 1286

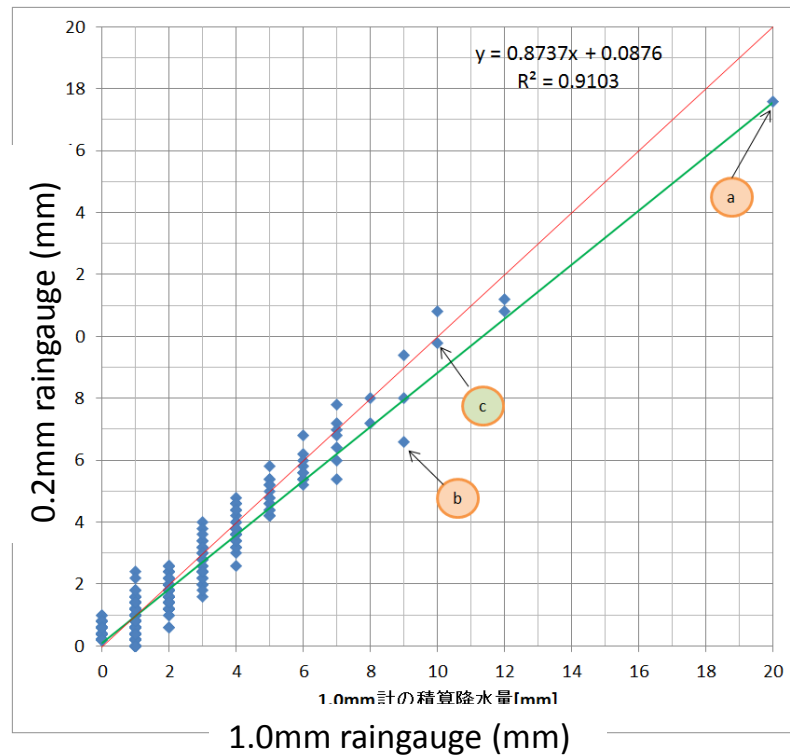
Cases are excluded for the rainfall amounts less than 0.5mm.

- Good coincidence below 10mm rainfalls for 10minutes. Above 10mm, the measured amount by the 0.2 mm raingauge is smaller.
- Diffence is 2mm in case 1, more than 3mm in case b.
- In case c, the diffence is small.

These three cases will be shown in the details.

	Time	0.2mm	0.5mm
a	9/15 18:00	17.6	19.5
b	9/2 7:00	6.6	10.0
c	7/3 20:30	9.8	10.0

Comparison between 0.2mm and 1.0mm raingauges



Samples: 1259

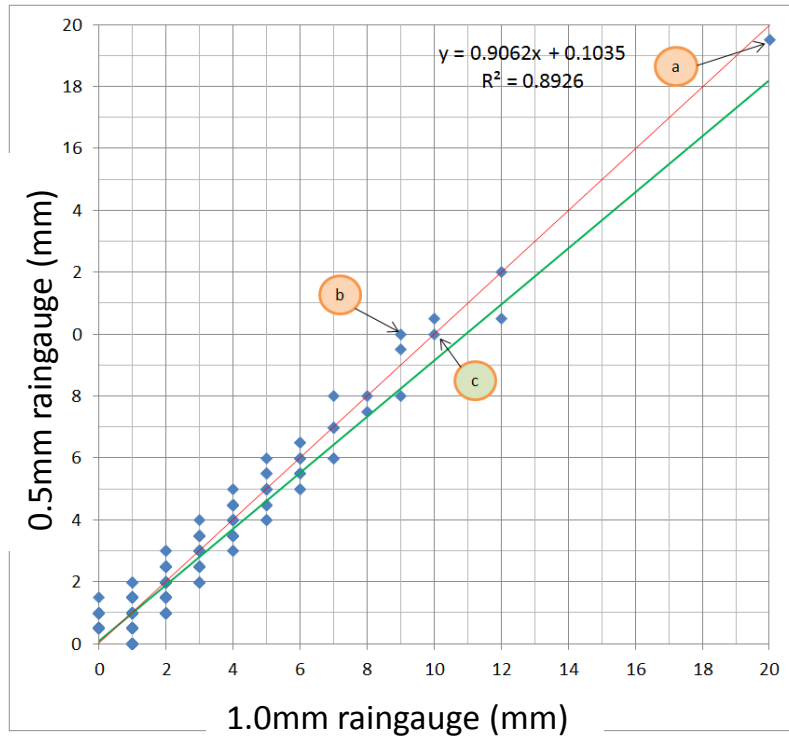
Cases are excluded for the rainfall amount of 0.0mm measured by two raingauges.

- Good coincidence below 10mm rainfalls for 10minutes. Above 10mm, the measured amount by the 0.2 mm rain gauge is smaller.
- Diffence is 2mm in case 1, more than 3mm in case b.
- In case c, the diffence is small.

These three cases will be shown in the details.

	Time	0.2mm	1.0mm
a	9/15 18:00	17.6	20.0
b	9/2 7:00	6.6	9.0
c	7/3 20:30	9.8	10.0

Comparison between 0.5mm and 1.0mm raingauges



Samples : 1009

Cases are excluded for the rainfall amount of 0.0mm measured by two raingauges.

Bothe of the rainfall measured by two raingauges are well conicided

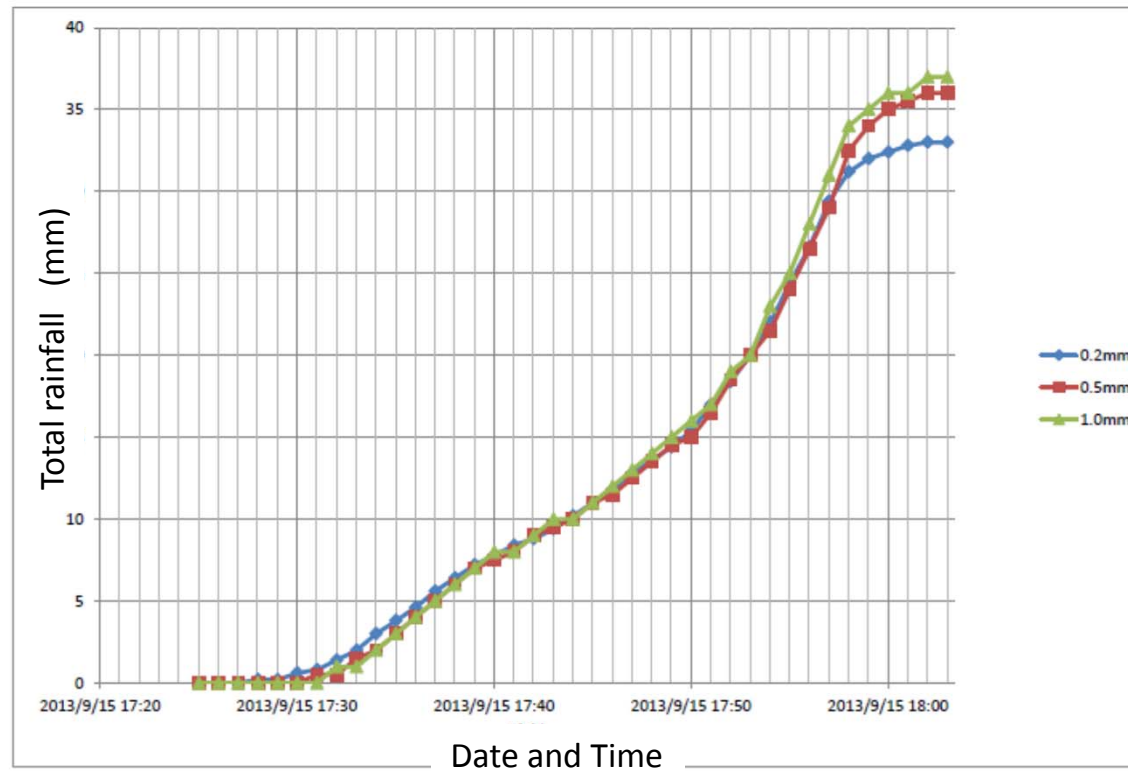
		0.5mm	1.0mm
a	9/15 18:00	19.5	20.0
b	9/2 7:00	10.0	9.0
c	7/3 20:30	9.8	10.0

6.3 Special events

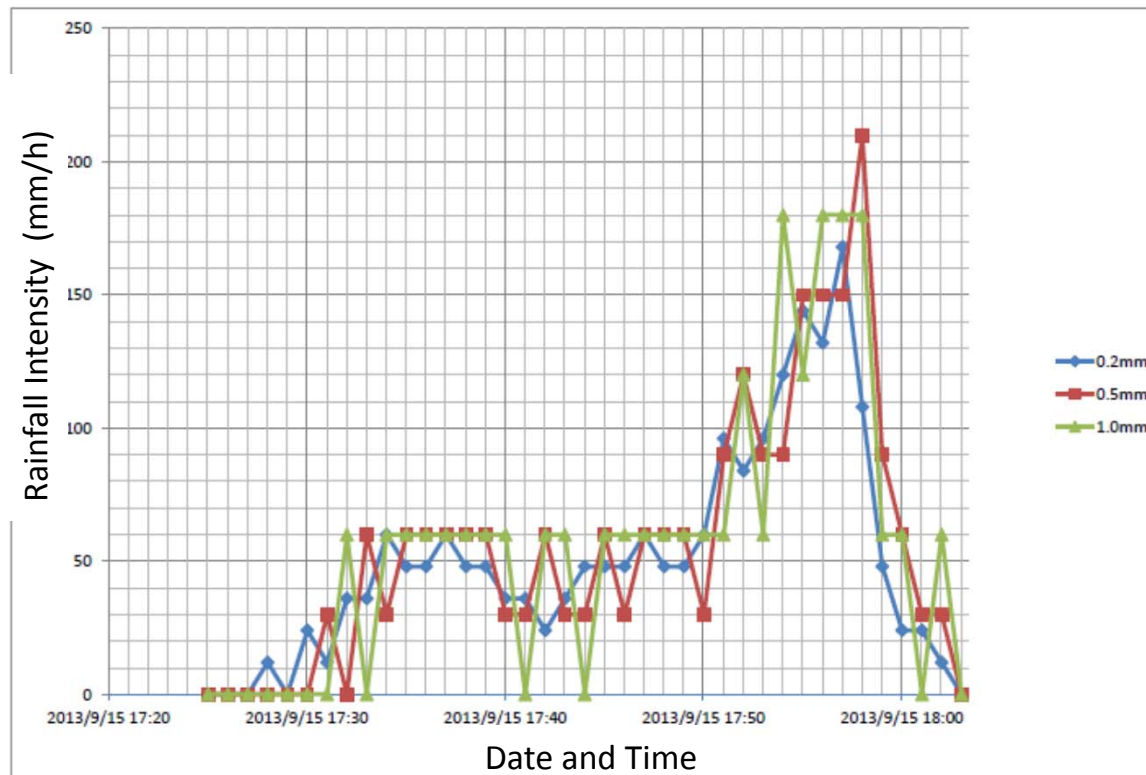
Rainfall at every 1 minutes

Case a at 17:25 to 18:03 on Sept.15

Large difference of rainall amount

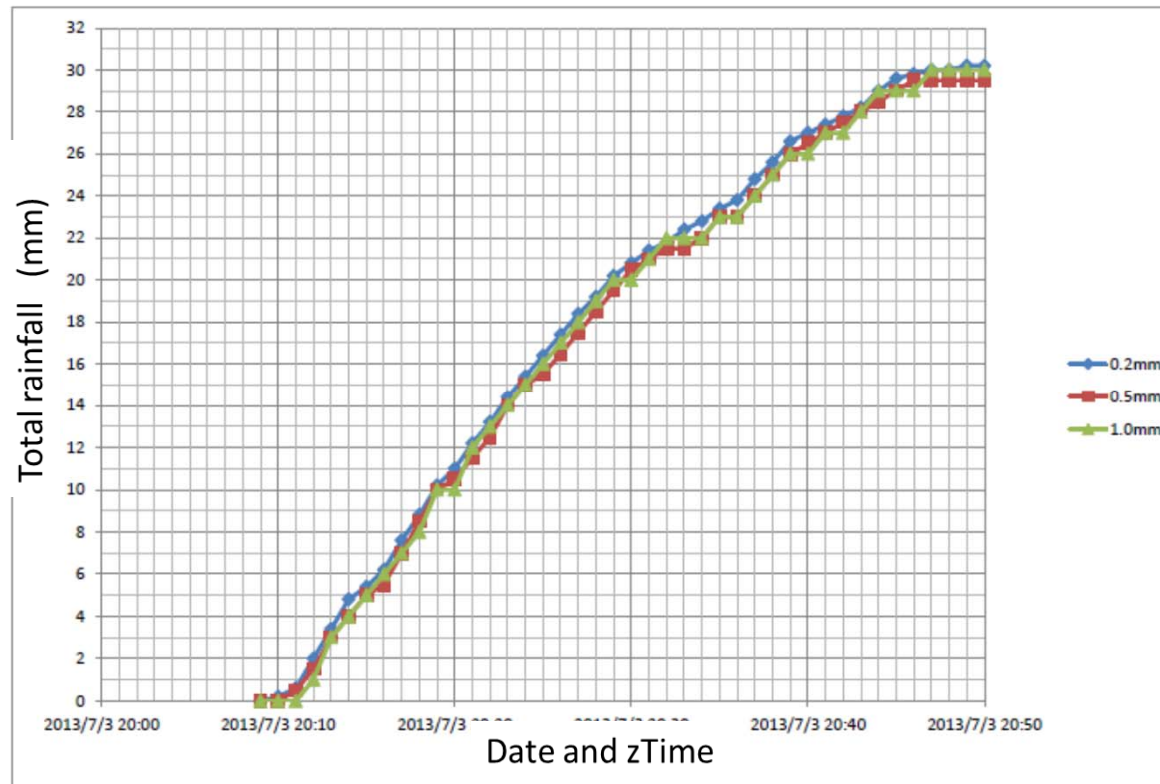


Rainfall intensity at every 1 minutes
Case a at 17:25 to 18:03 on Sept.15
Large difference of rainfall amount

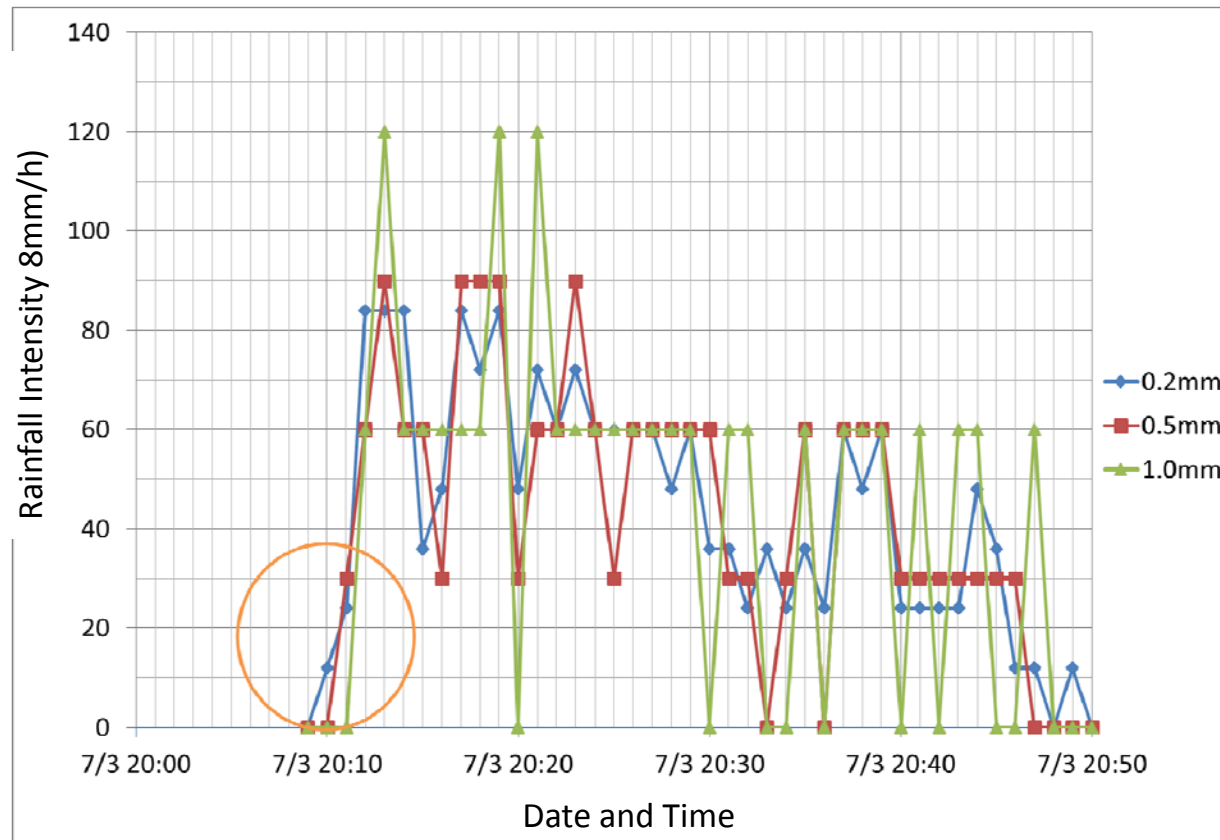


Case 2 Small difference of rainfall measurement

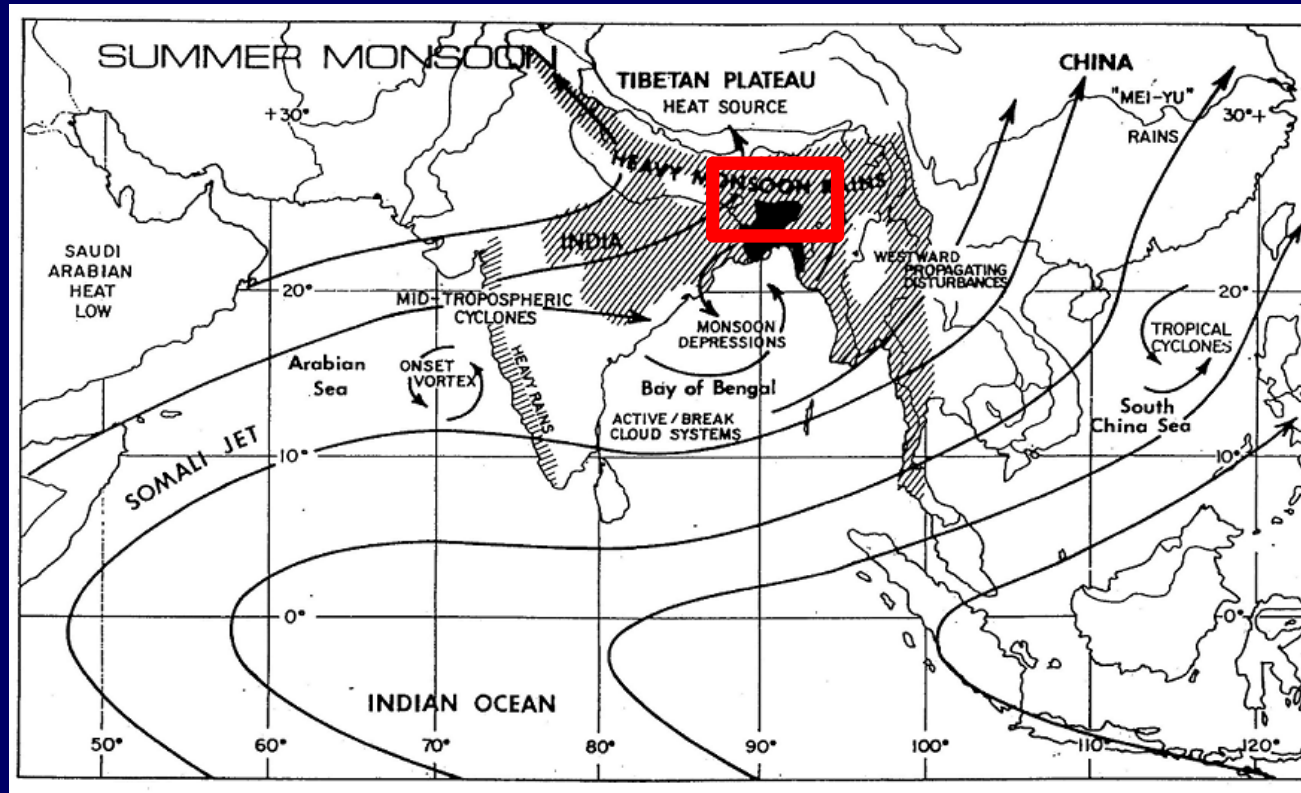
Date and time: 20:09 to 20:50 on July 3



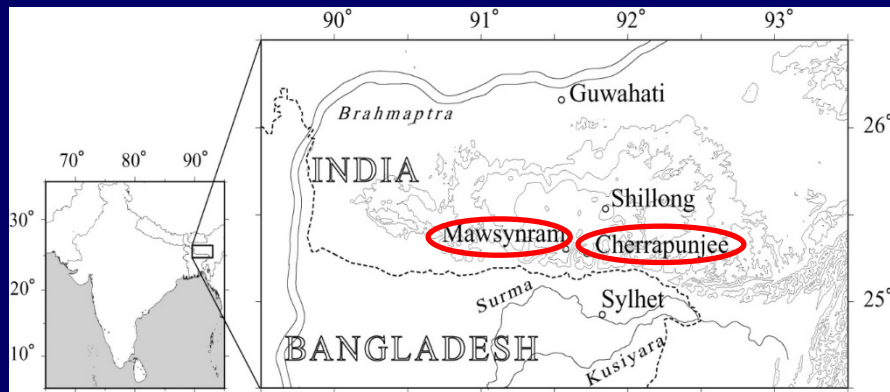
Rainfall intensity at every 1 minutes
Case a at : 20:09 to 20:50 on July 3
Small difference of rainfall amount



Summer monsoon system in Asia



Location of highest rainfall Meghalaya



Meghalaya Abode of Cloud

- Mean of 1901-2006 11252mm



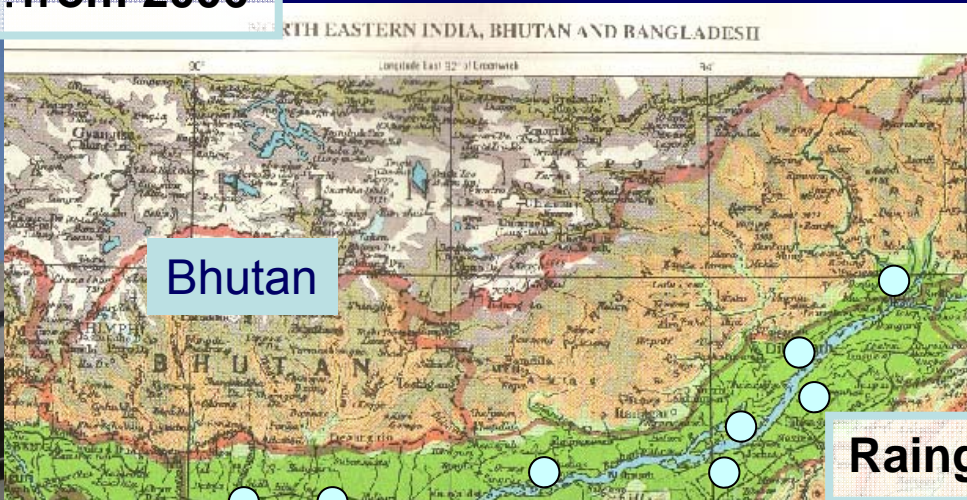


**The Sylhet plains below Cherrapunjee
get flooded in June & July.**

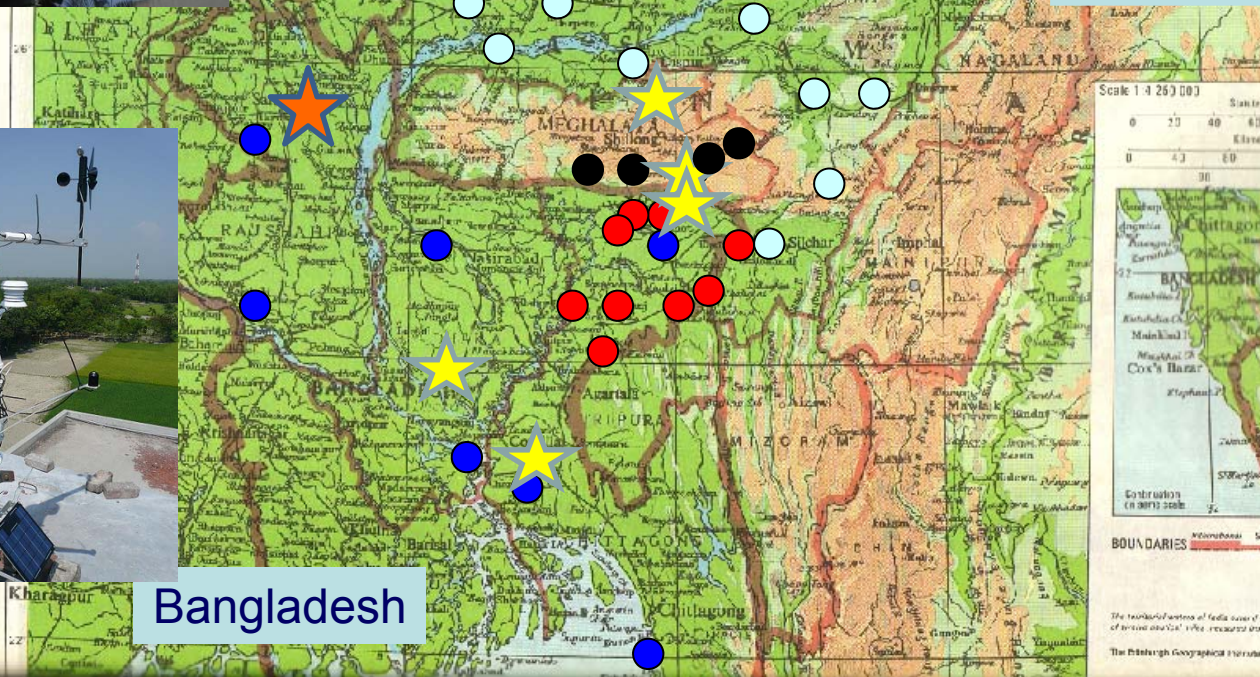
www.cherrapunjee.com

Copyright 2005 Cherrapunjee Holiday Resort

AWS : from 2006



Raingauge : from 2006

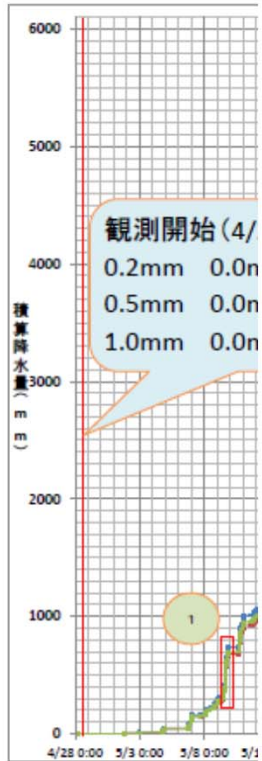


Bangladesh

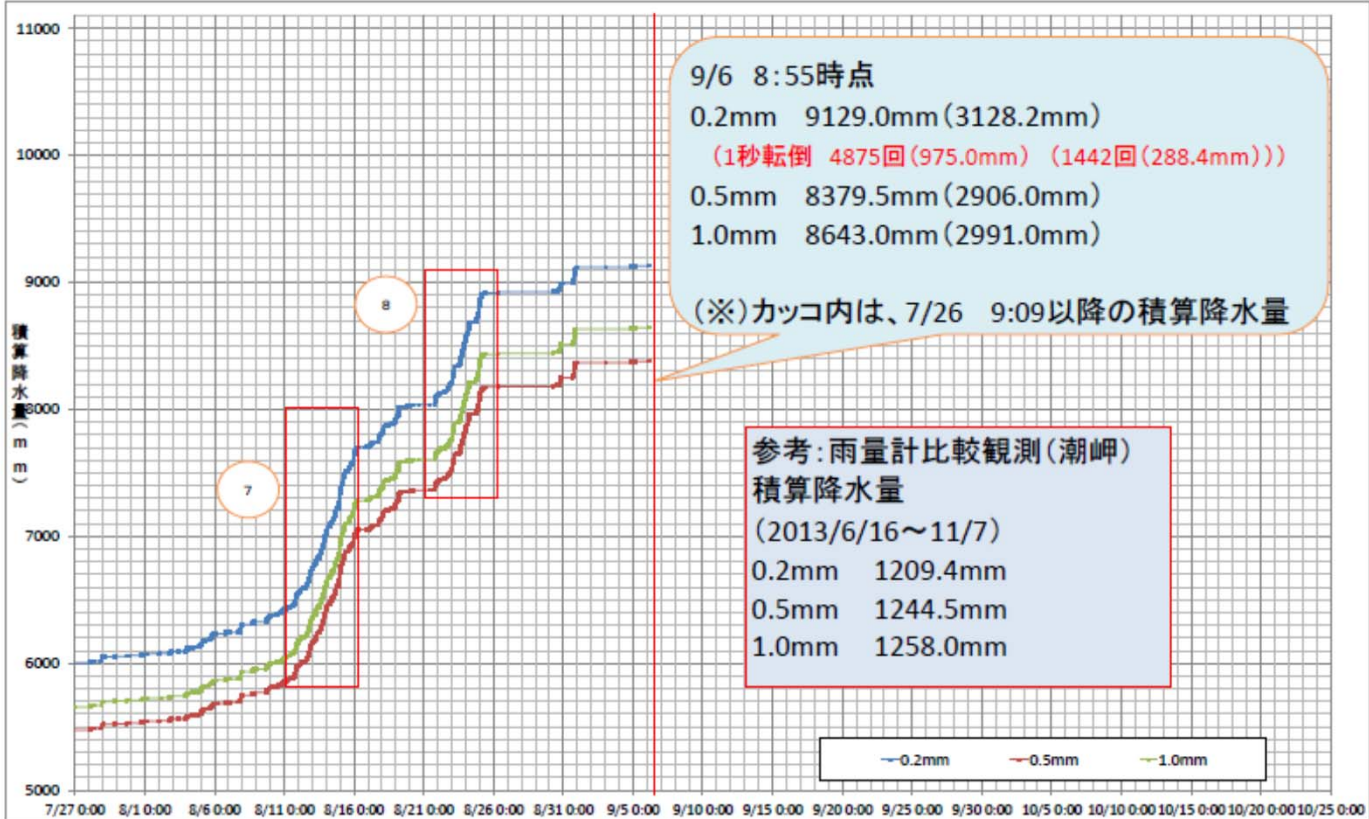
Rain gauge and AWS in Cherrapunji/Sohra

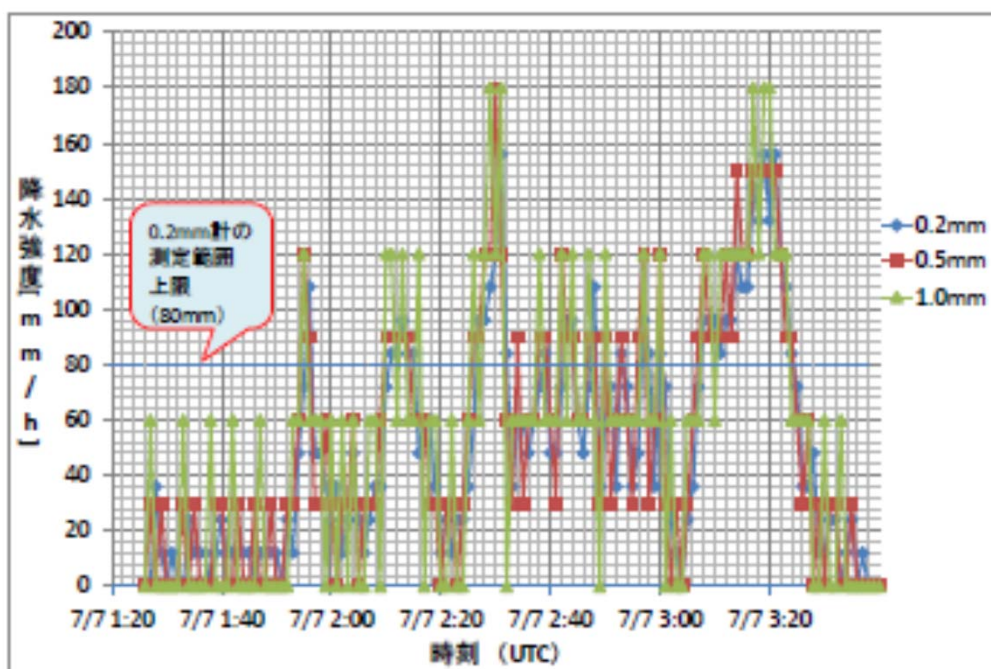
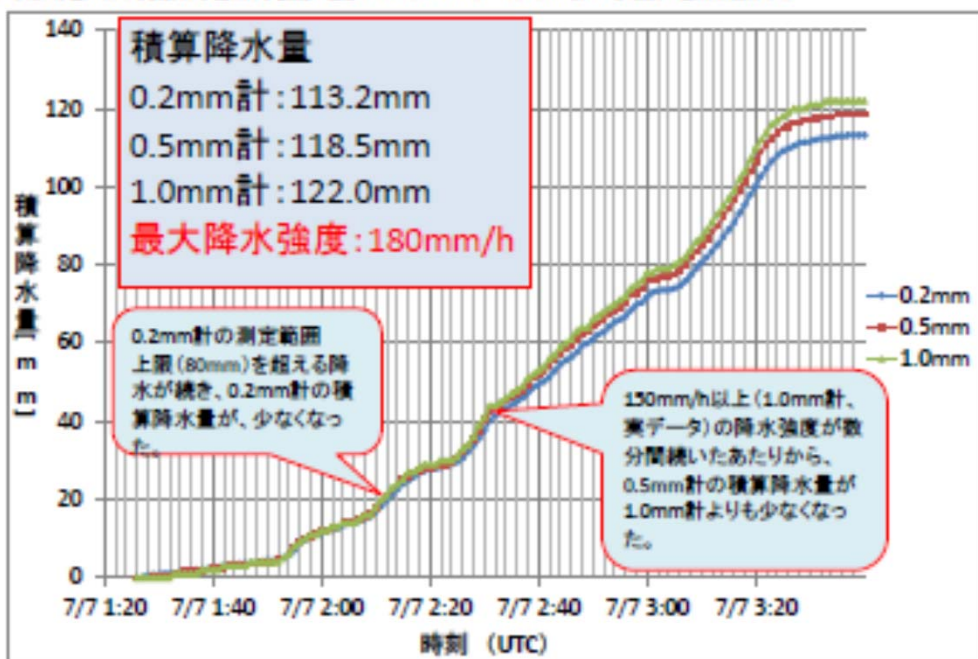


転倒マス積算降水量推移(2014/4/2)

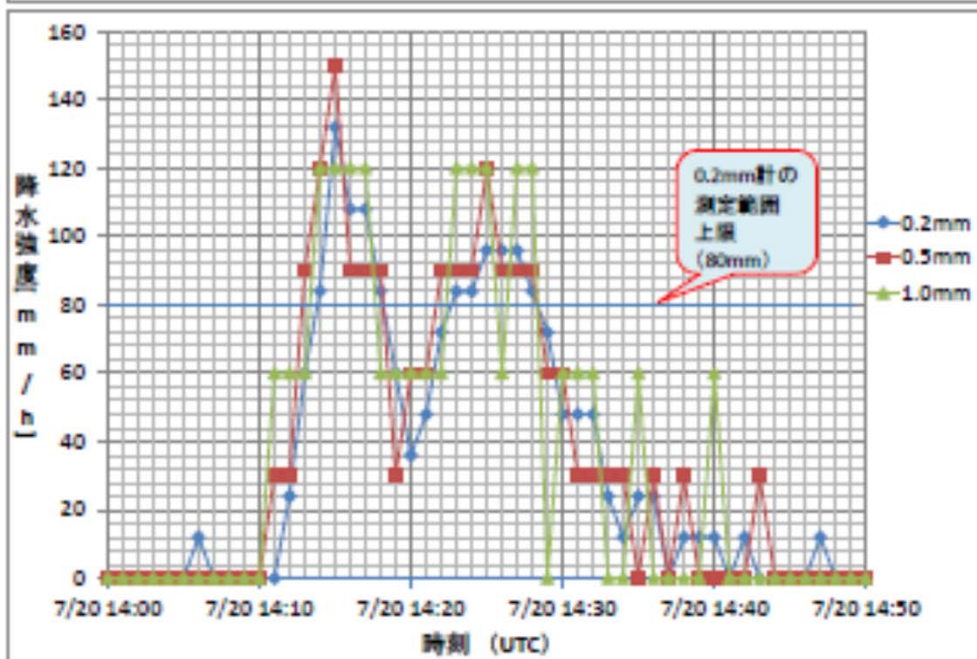
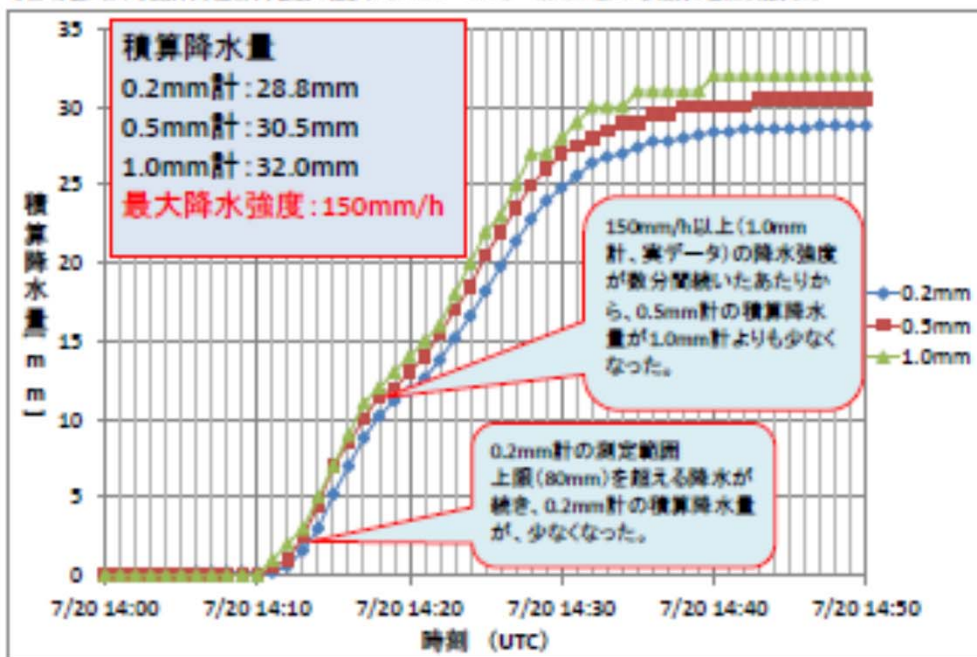


転倒マス積算降水量推移(2014/7/27~9/6) 時刻はUTC





●正1分毎における積算降水量と降水強度の推移(7/20 14:00~14:50) ※0.2mm計の1秒刻の値は削除した



まとめ

- 転倒ます雨量計の比較を、日本の豪雨地帯の潮岬、
- さらに世界最大級の豪雨地帯のインドメガラヤ州のチェラプンジ/ソーラで実施した。
- 0.2mm計が豪雨時には十分追従しないことを定量的に明らかにした。
- 地球の水循環の研究には、広域、長期の降水量の正しい評価が必要であり、衛星、レーダ などのリモートセンシング技術による評価が、今後一層推進されるであろう。
- しかしながら、地上の観測値との比較、較正は不可欠である。

特定非営利活動法人 気象システム技術協会

Meteorological System Technology Association of Japan

活動理念

近年、地球温暖化の影響で、予測の困難な気象災害が、地球規模で増加傾向にあり、正確な情報及び予報の重要性が認識されてきています。その基礎となる気象観測のための観測機器は科学技術の進歩とあいまって、性能・精度は急速に向上し、その結果、気象予報の正確さも日々高まってきましたが、観測機器の十分な性能を評価しないまま利用しているケースもあります。そこで、我々は有志で組織を立ち上げ、比較観測を実施し、検証結果を報告書に取りまとめました。この度、この活動をさらに発展させるべく、有識者、公共団体、気象、環境及び防災に関連し、関心がある個人・団体を募り、新技術の研究・開発・普及活動を推進することを目的として、当会を特定非営利活動法人『気象システム技術協会』として発足することを計画しました。

当法人は、上記の活動を通して、国内のみならず国際社会の貢献に寄与すると確信し、ここに設立をするものです。

理事長 林 泰一

事業内容

『気象』『環境』『防災』についての

1. 情報の収集、公開及び提供に関する事業
2. 調査、研究及び開発に関する事業
3. 知識の普及のための研修会の開催に関する事業
4. 国内外の個人及び団体に対する助言、協力、支援、連絡及び交流に関する事業

活動内容①

1. 専門的立場からのコンサルティング業務（計画中）
気象、環境および防災に関する分野において専門的立場から国内外のコンサルティング業務、またはその支援活動を実施します。活動分野としては、①各種観測関係②予報関係③情報利用関係④ITC関係を中心に行います。

活動内容②

2. 研究・開発

『気象測器研究会』を定期的に開催しています。
気象センサー・データロガー・通信技術・データの可視化・予報技術等について各分野の専門家が集い、研究活動を行っています。

※現在の研究テーマ

- ①一体型地上観測機器の性能評価実験
- ②転倒ます型雨量計の比較観測 など



3. 講習会・講演会

日本農業気象学会2015（2015年3月16日～19日）に出展します。
また、同学会において気象測器の講習会を実施いたします。

4. 人材育成（計画中）

国内や途上国の気象専門家などの人材育成に関する活動を行います。

当法人では、会員を募集しています。気象観測やシステム構築の技術向上を目指して活動にご協力を頂ける個人および支援して頂ける団体を募集します。

賛助会員名簿（平成27年3月現在）

株式会社 ソニック	東洋電子工業株式会社
株式会社 小松製作所	気象情報通信株式会社
朝日システム株式会社	

沿革

平成24年 4月 1日	任意団体『気象測器研究会』発足
平成26年 6月18日	NPO法人設立総会開催
平成26年10月20日	法人設立

所在地

〒171-0022 東京都豊島区南池袋2-8-5M Iビル4 F
TEL : 03-6907-2186 FAX : 03-5958-8230

URL : <http://www.mest-japan.or.jp/>

お問い合わせ : info@mest-japan.or.jp

Cherrapunji Rain Museum and Research Centre

Cherrapunji in the adjoining areas of Meghalaya state are known for heaviest rainfall in the world. Proposed Rain Museum and Research Centre is aimed to bring out **scientific, social and cultural dimensions of Rain** under one roof and also capitalise on the uniqueness of the region to generate interest among scientists for undertaking research on heavy rainfall mechanism in the region.

By appending name 'Cherrapunji' to Rain Museum, the museum will draw attention of world community and can be promoted as a part of Monsoon Tourism by Meghalaya State Tourism Department and by Ministry of Tourism, Government of India. National and International scientific organisations are expected to support Research component of the proposed Centre.

Site of Rain Museum and Research Centre

ありがとうございました。

