

東北地域災害科学研究集会  
2014年1月6日@秋田大学

# 2013年1月に発生したジャカルタ洪水時の 降水特性と企業の洪水対策

○福谷 陽  
呉修一, J.D. Bricker, A. Muhari

東北大学災害科学国際研究所  
災害リスク研究部門, 地震津波リスク評価寄附研究部門(東京海上日動)

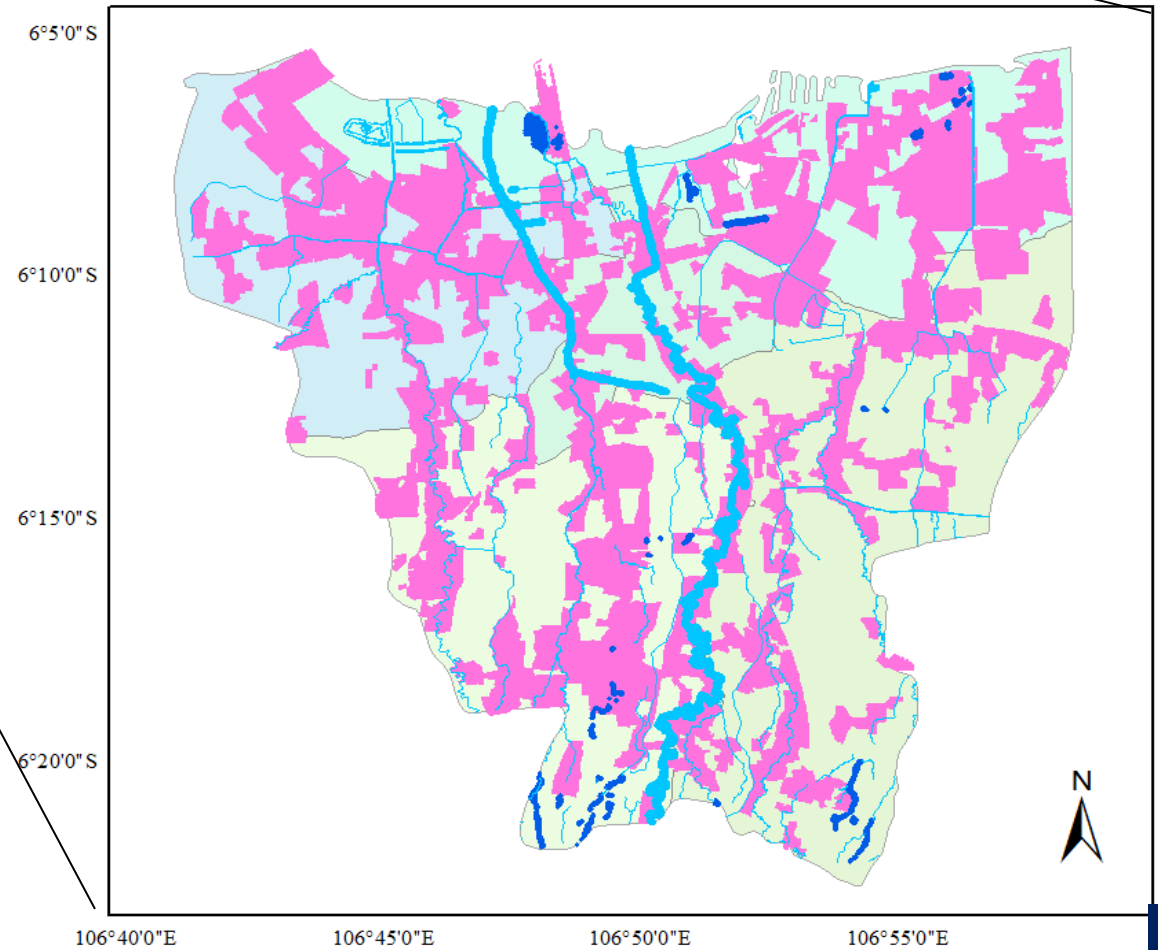
# ジャカルタ首都特別州の概要

- インドネシアの首都、東南アジア有数の都市
- 面積662km<sup>2</sup>で人口960万人  
(東京23区：面積621km<sup>2</sup>で人口900万人)
- 13の河川が市内を流れる
- 主要河川はチリウン川  
(流域面積485km<sup>2</sup>, 流路延長145km)
- 近年の経済発展が著しく進む一方で、社会インフラの整備が遅れており、多くの社会問題を抱える。

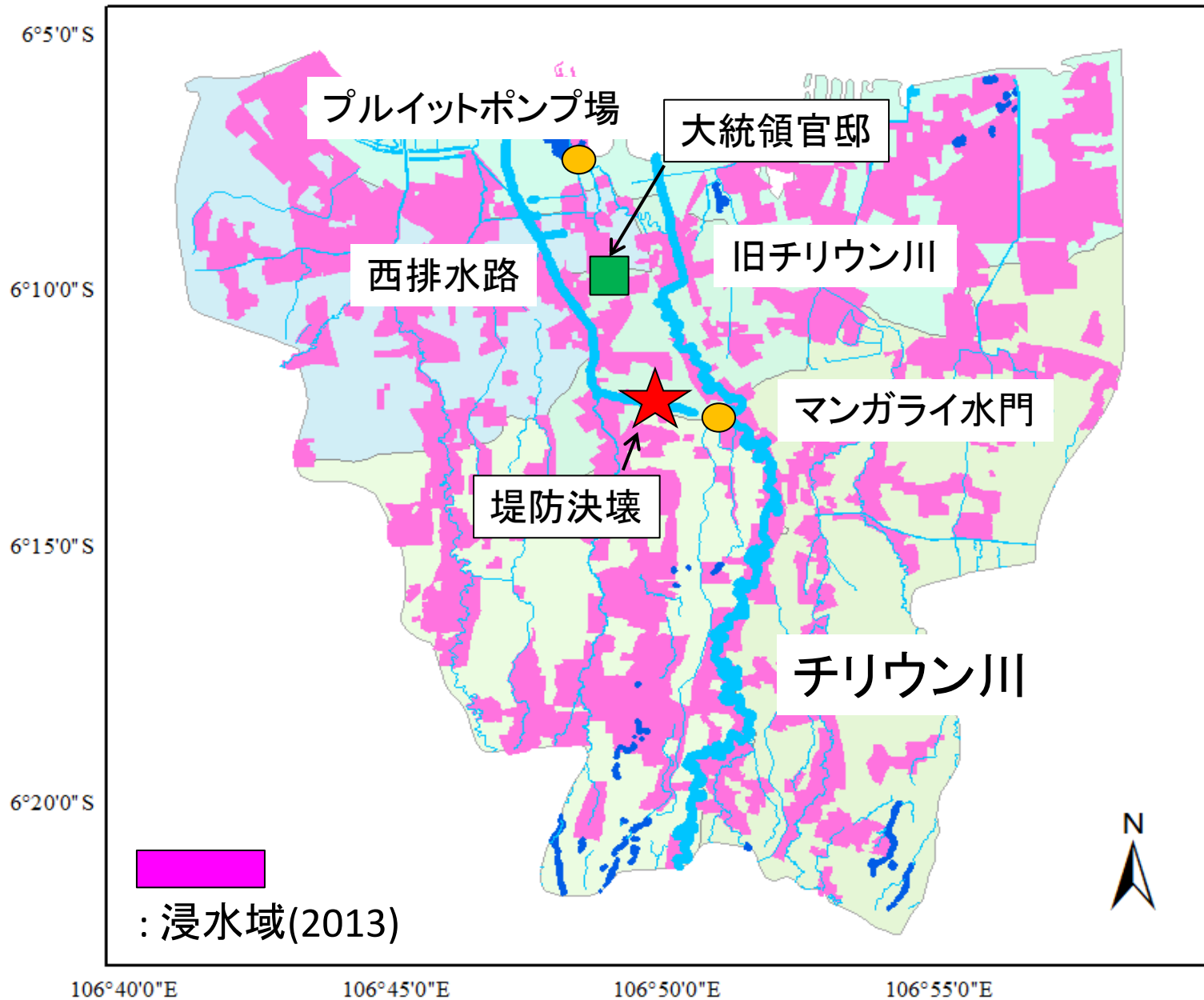
# ジャカルタの位置



 : 浸水域(2013)



# ジャカルタ河川・水路網





2013年1月18日撮影(国土交通省 徳永氏提供)





2013年1月19日撮影(国土交通省 徳永氏提供)





2013年1月20日撮影(国土交通省 徳永氏提供)





# 2013年ジャカルタ洪水の概要 (1/15-18)

- 死者40人以上
- 避難45,000人以上
- 被害額 IDR32 trillion (USD 3.3 billion)
- 氾濫面積140 k m<sup>2</sup> (東京都面積の約1/4)
- 西排水路の堤防決壊
- 市中心部 (大統領官邸含む) も浸水
- 5年に一度程度の周期で繰り返す洪水  
(近年では、2002年・2007年にも被害が発生)
- 内水氾濫と外水氾濫の複合

# 洪水の主要因

- 洪水時の降雨特性

← 本報告

- 流域の都市化

不浸透域が増加し、洪水の水量増加、到達時間の短縮

- 地盤沈下

急激な都市化(建物の自重)や地下水の過剰摂取などにより、深刻な地盤沈下

- 河道内の疎通能力の低下

河道部への不法居住、ごみの堆積などに伴い、河道幅が縮小し洪水疎通能力が低下

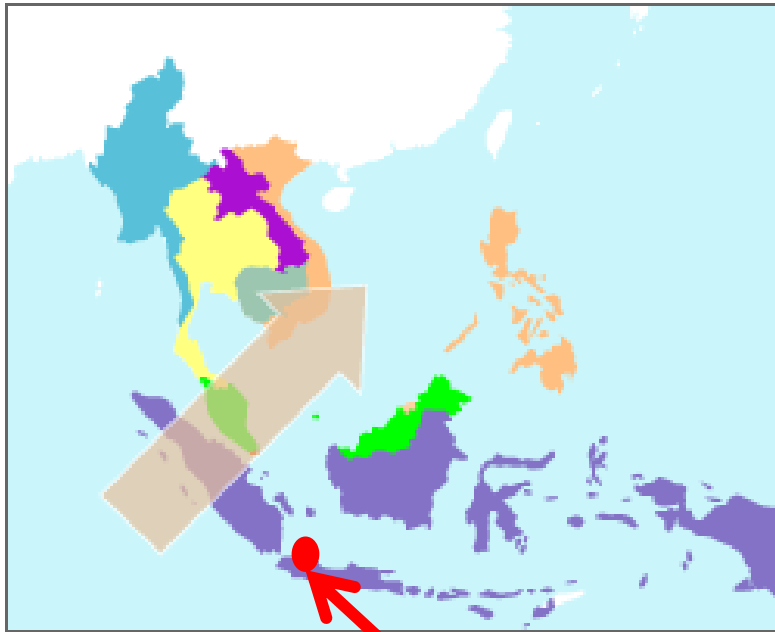
- 排水施設の機能不全

ジャカルタ中心部の約8割の区域の排水を担うプルイットポンプ場が洪水時に一時全排水能力停止

# 一般的な東南アジア地域の季節風(モンスーン)

4月～10月

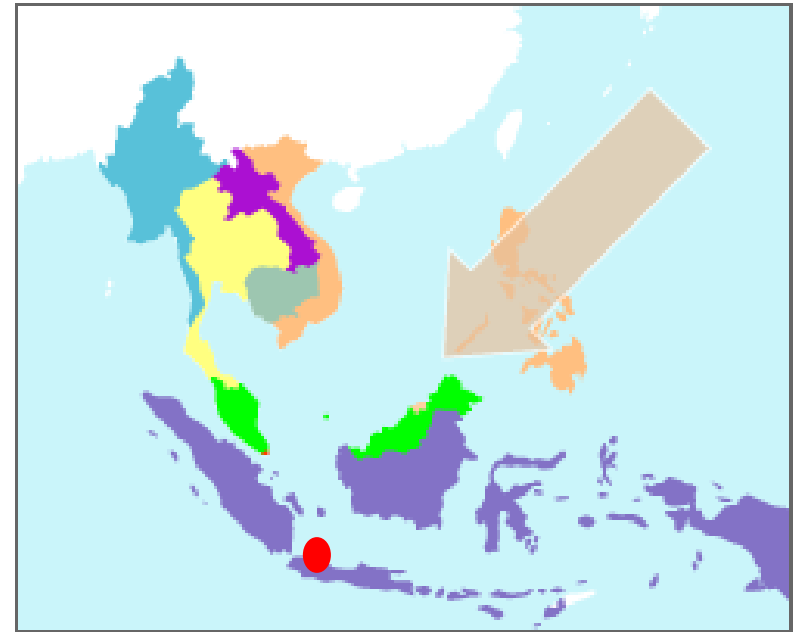
乾季



ジャカルタ市

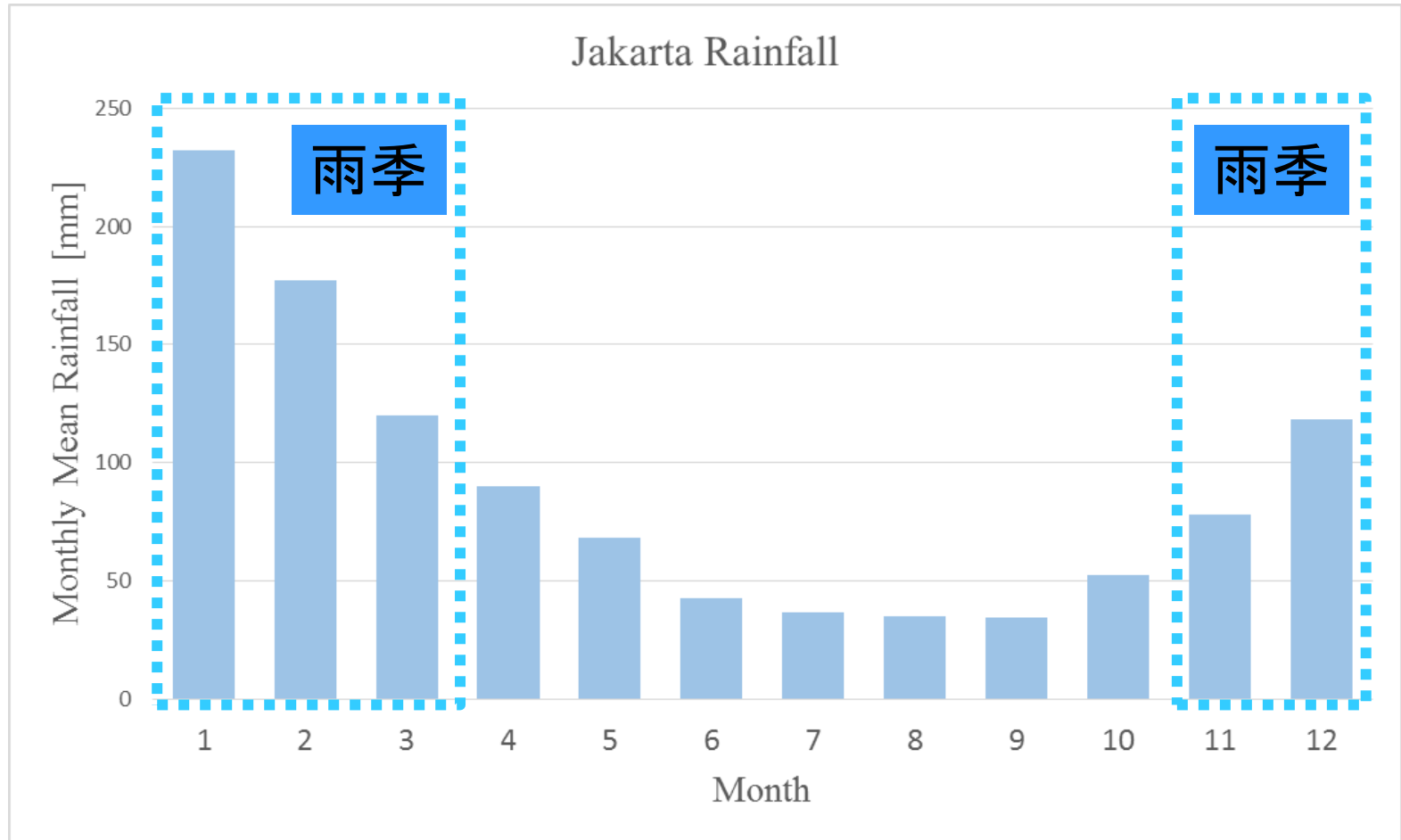
11月～3月

雨季



(日本アセアンセンター・ホームページより)

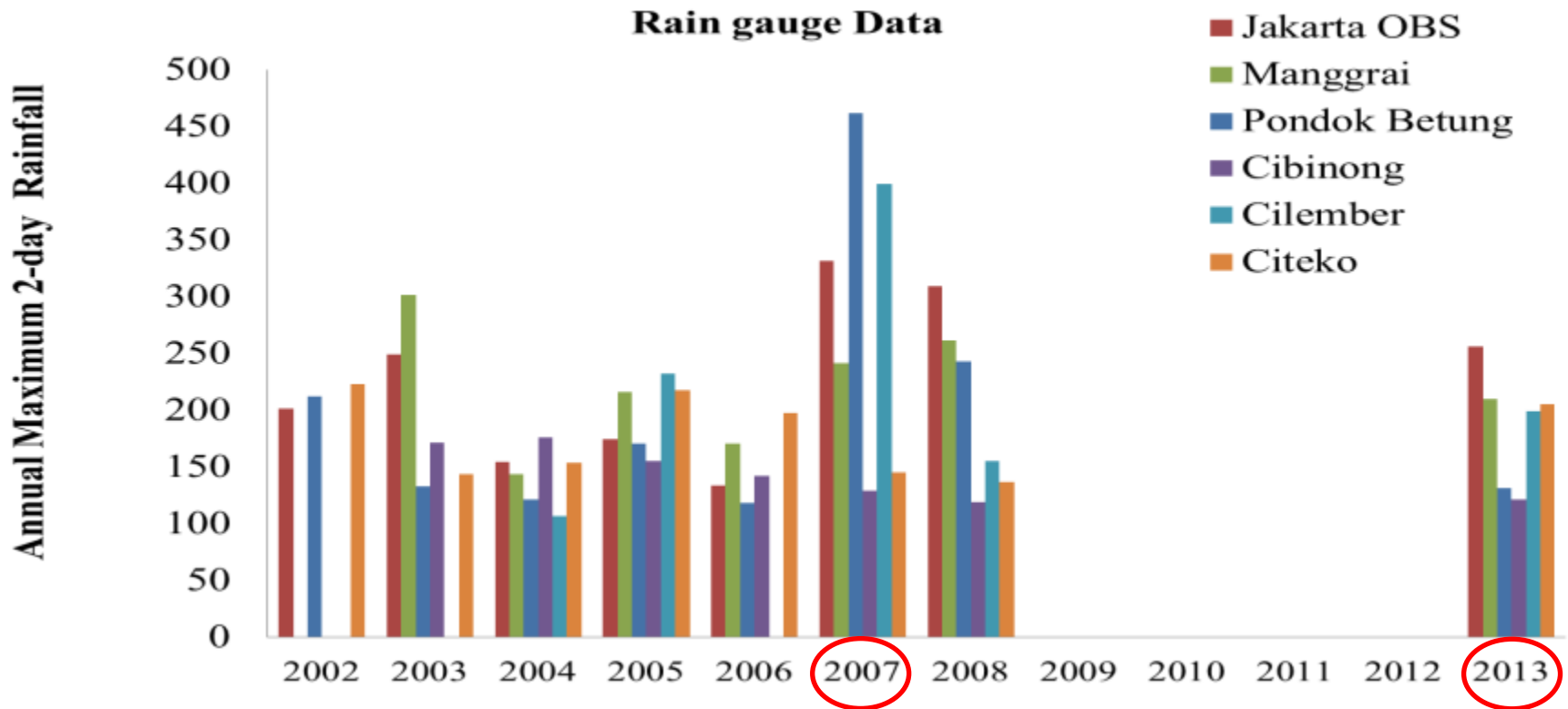
# ジャカルタ市の月平均降水量



APHRODITE Dataより作成

明瞭な雨季(11月~3月)と乾季(4月~10月)にわかれる。  
1月と2月に降雨量が多く(年雨量の約3割程度)、この時期に洪水が多発する。

# 各年の2日降水量(年最大)



◆2013年洪水時の雨量は、例年と同程度

何故??

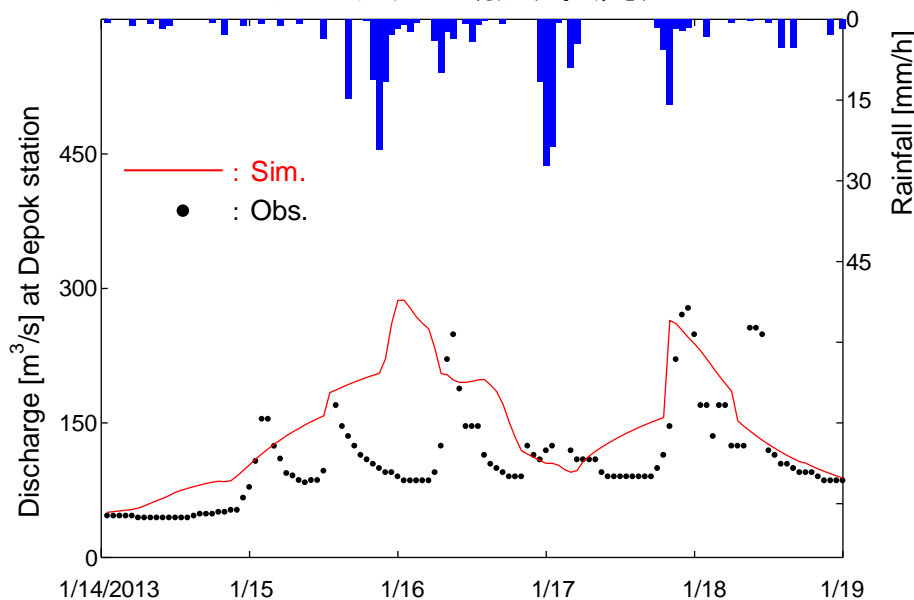
「降水の時空間分布の変動」が影響した可能性あり?

→  
 統領官邸

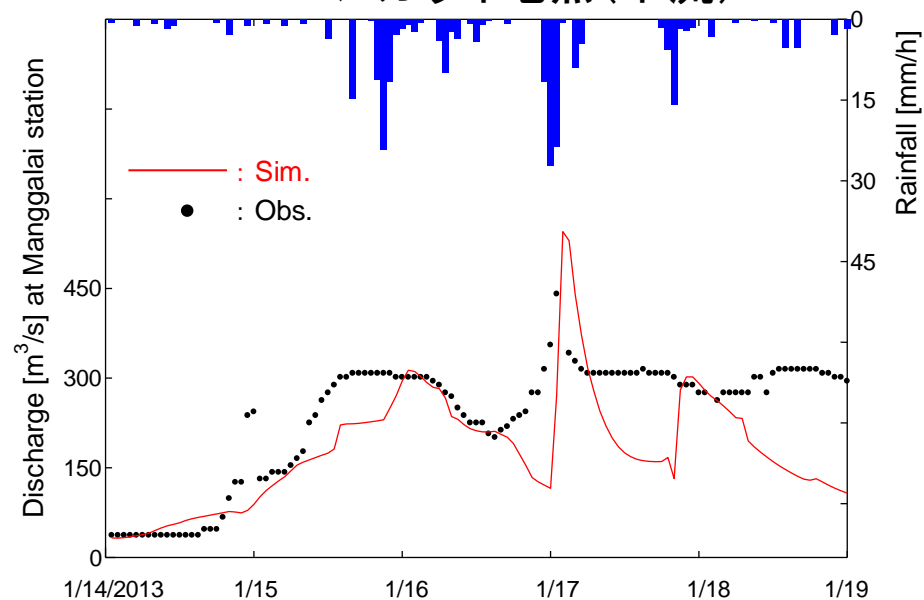
# 降雨流出・氾濫モデルの適用結果 (2013年洪水)

- 2002年洪水で決定したパラメータを使用
- チリウン川流域内の3地点の時間雨量データを空間内挿した入力降雨を作成

デポック地点(中流)



マンガライ地点(下流)

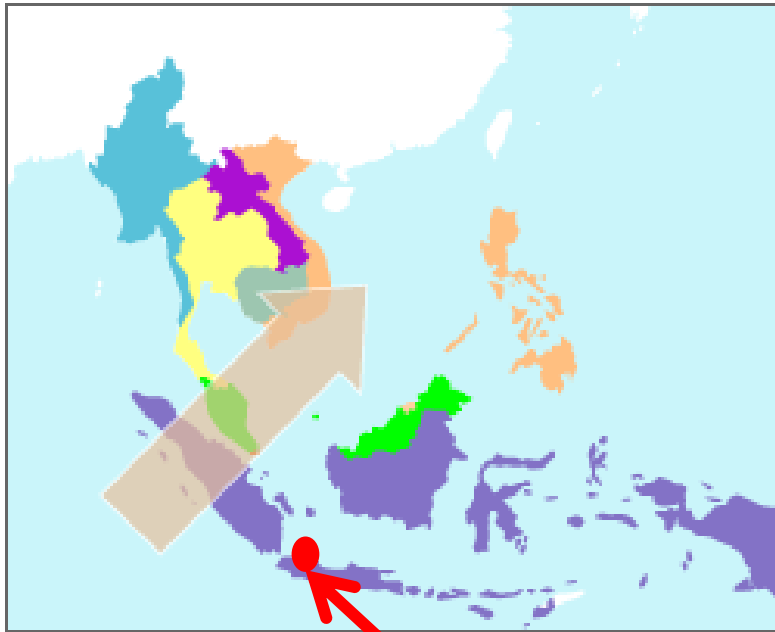


モデル、実測値と計算値がうまく適合しない。  
出力、**「降水の時空間分布の変動」を細かく見る必要性がある。**  
算値

# 一般的な東南アジア地域の季節風(モンスーン)

4月～10月

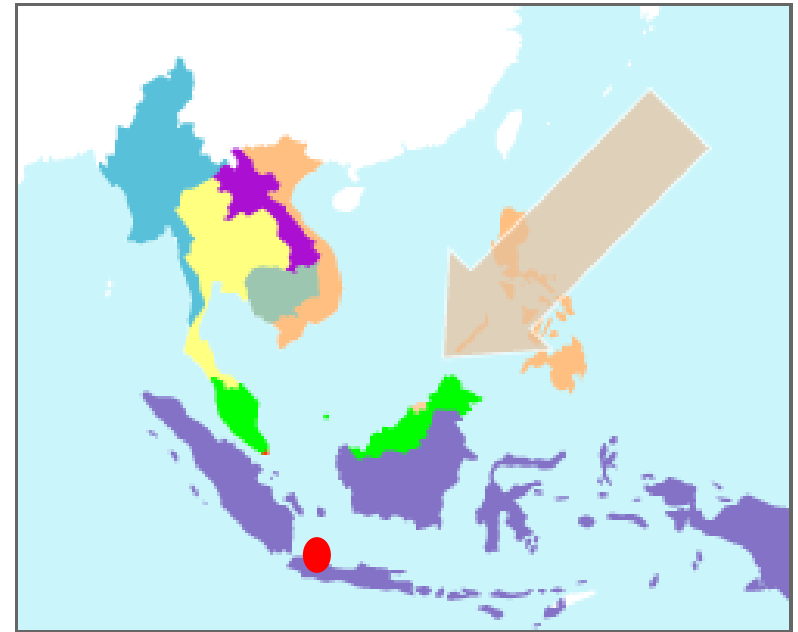
乾季



ジャカルタ市

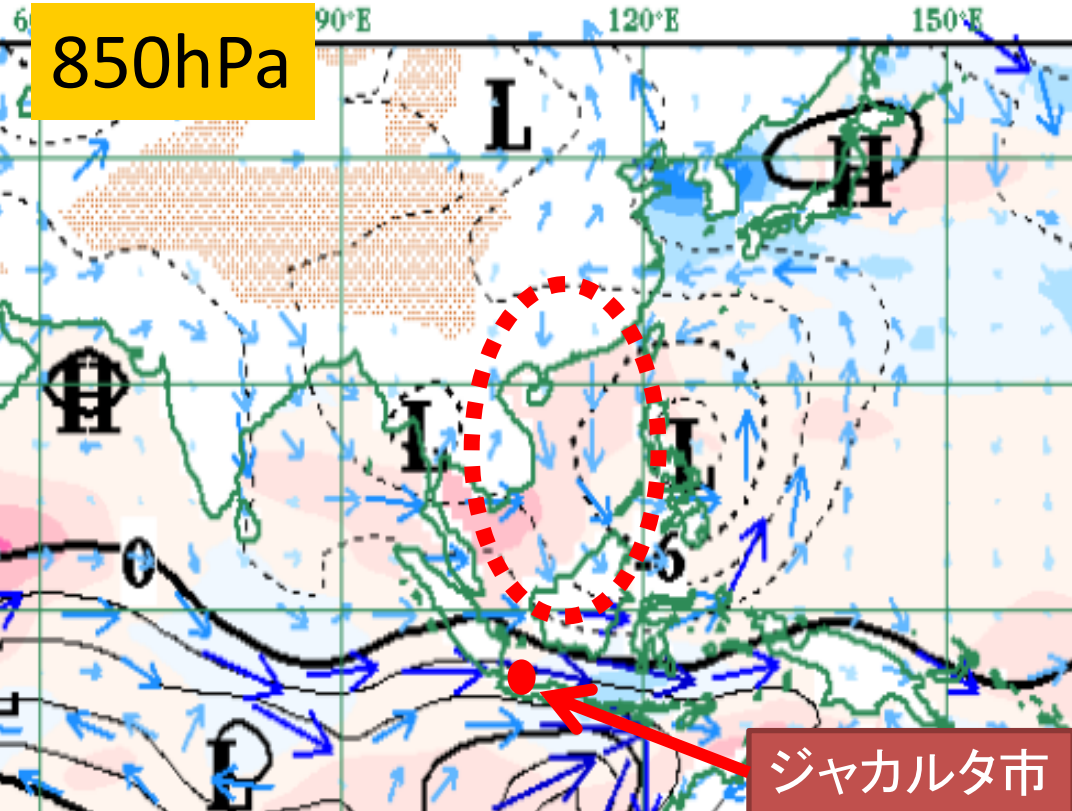
11月～3月

雨季



(日本アセアンセンター・ホームページより)

# 2013年1月9日～15日平均の世界の気象場



(理学研究科・岩崎俊樹教授提供)

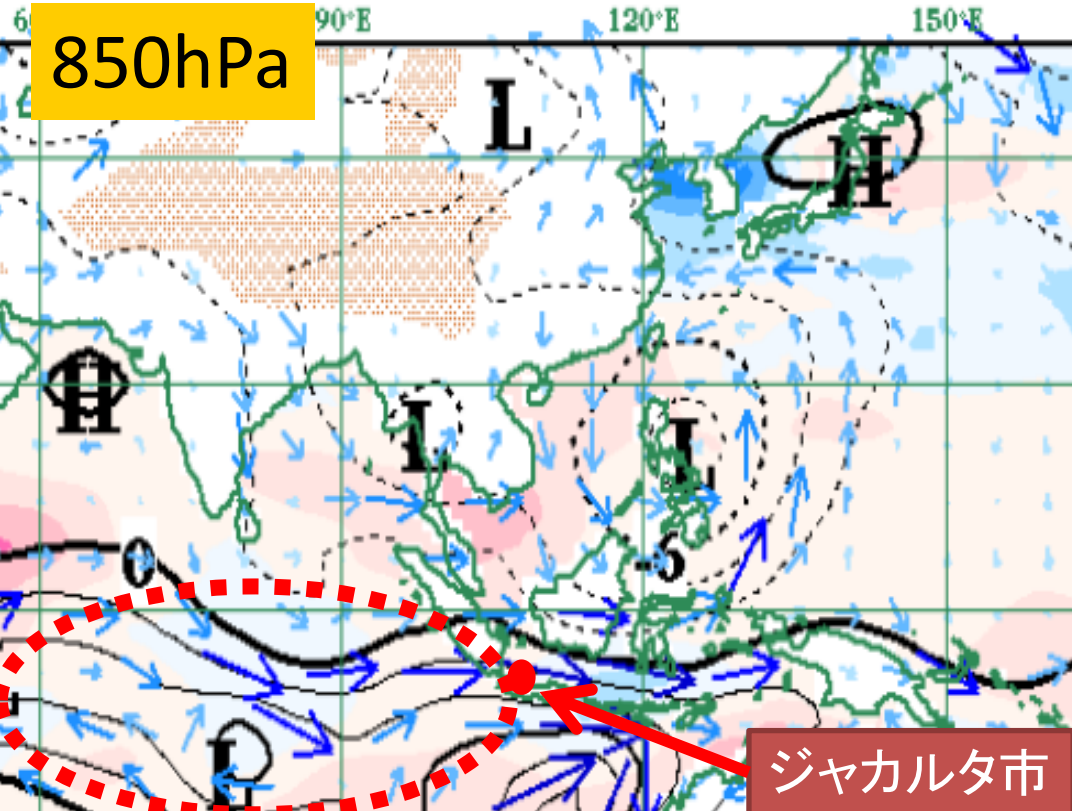
(概念図)



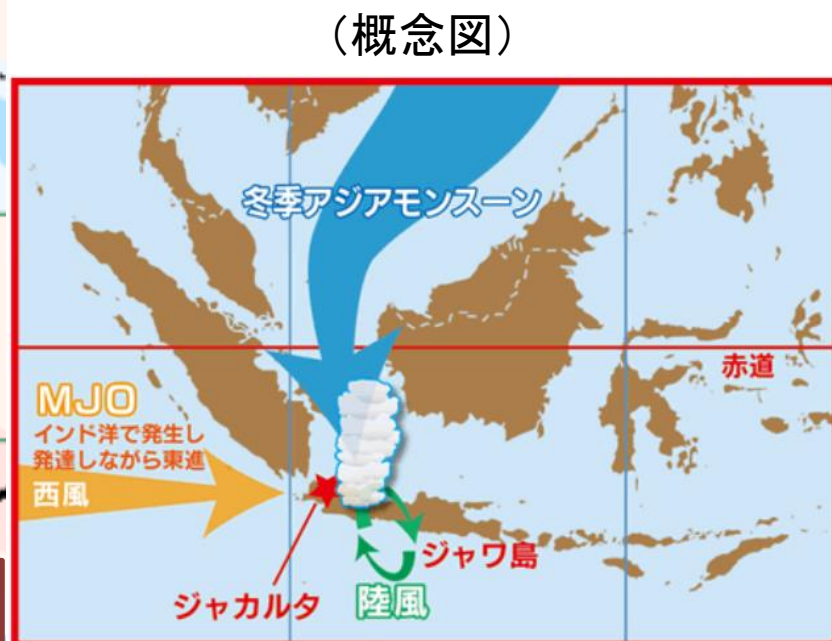
(Peiming (2013))

- ◆太平洋西部の低気圧性循環の場で南シナ海一帯が北風
- ◆南半球インド洋に低気圧 (Cyclone-4 NARELLE, Tropical Storm EMANG) があって下層の西風が強化
- ◆MJO振動 (赤道上空の対流活動の活発な領域が40日周期で地球一周)

# 2013年1月9日～15日平均の世界の気象場



(理学研究科・岩崎俊樹教授提供)



(Peiming (2013))

- ◆太平洋西部の低気圧性循環の場で南シナ海一帯が北風
- ◆南半球インド洋に低気圧 (Cyclone-4 NARELLE, Tropical Storm EMANG) があって下層の西風が強化
- ◆MJO振動 (赤道上空の対流活動の活発な領域が40日周期で地球一周)

# 降雨域の時空間変動(6分毎のレーダ降雨強度)

## 上流域

- ・ 15日5時
- ・ 15日13時
- ・ 16日12時

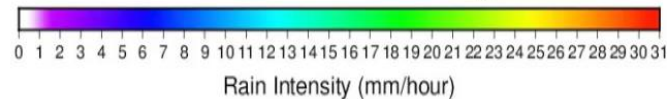
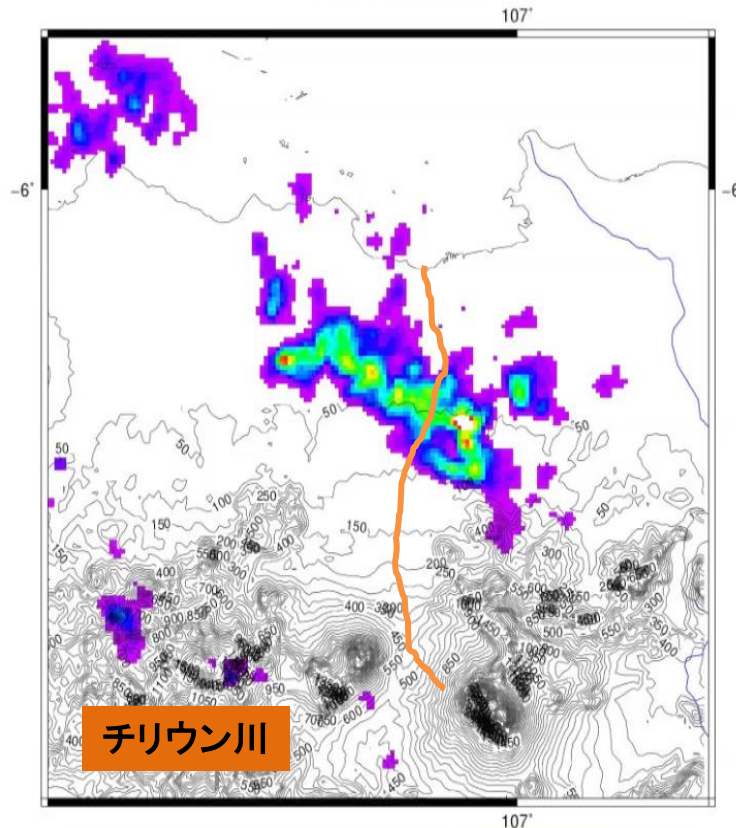
## 中流域

- ・ 15日0時
- ・ 15日4時
- ・ 15日17時

## 下流域

- ・ 17日4時
- ・ 17日7時

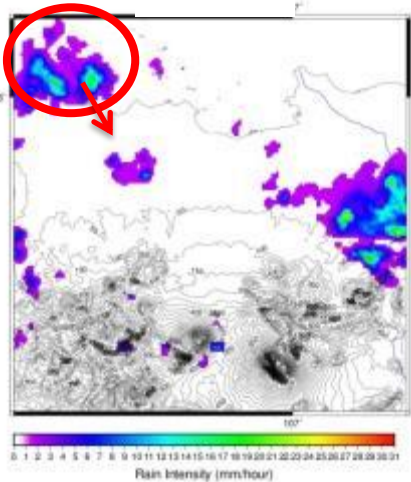
年/月/日/時/分  
201301150005



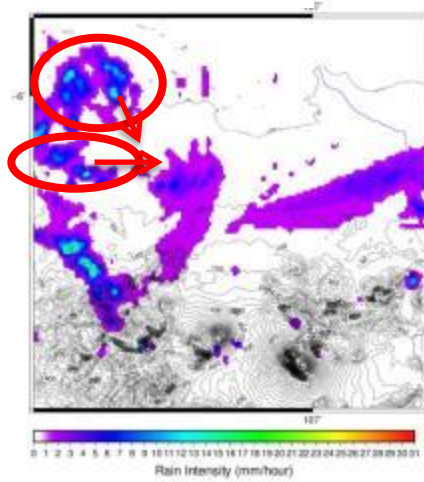
# 北寄りの風と西寄りの風の収束による積乱雲の発達

## 15日早朝の例

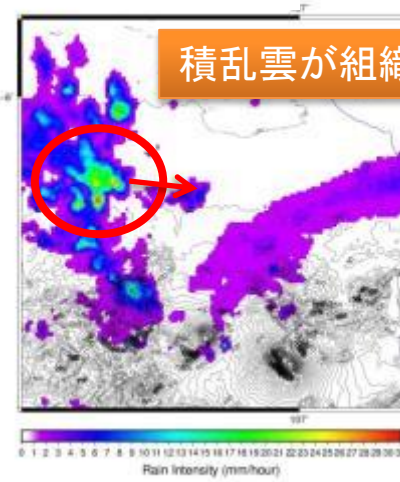
1:23



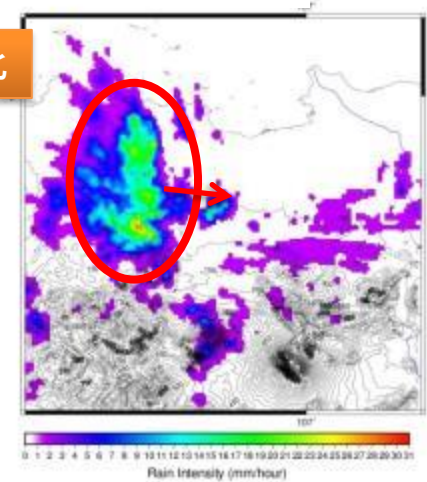
1:53



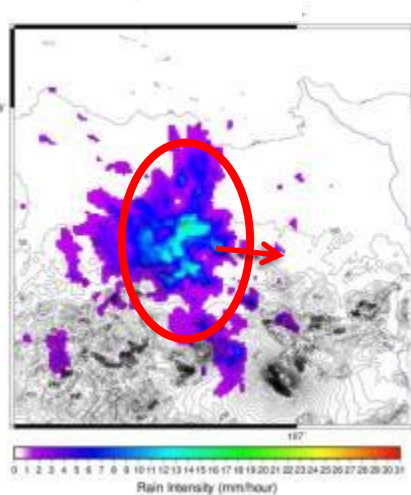
2:23



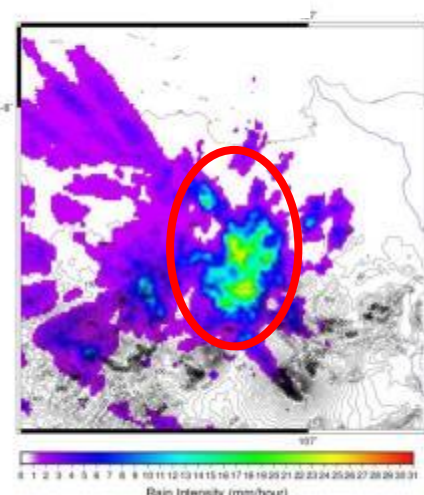
2:53



3:23



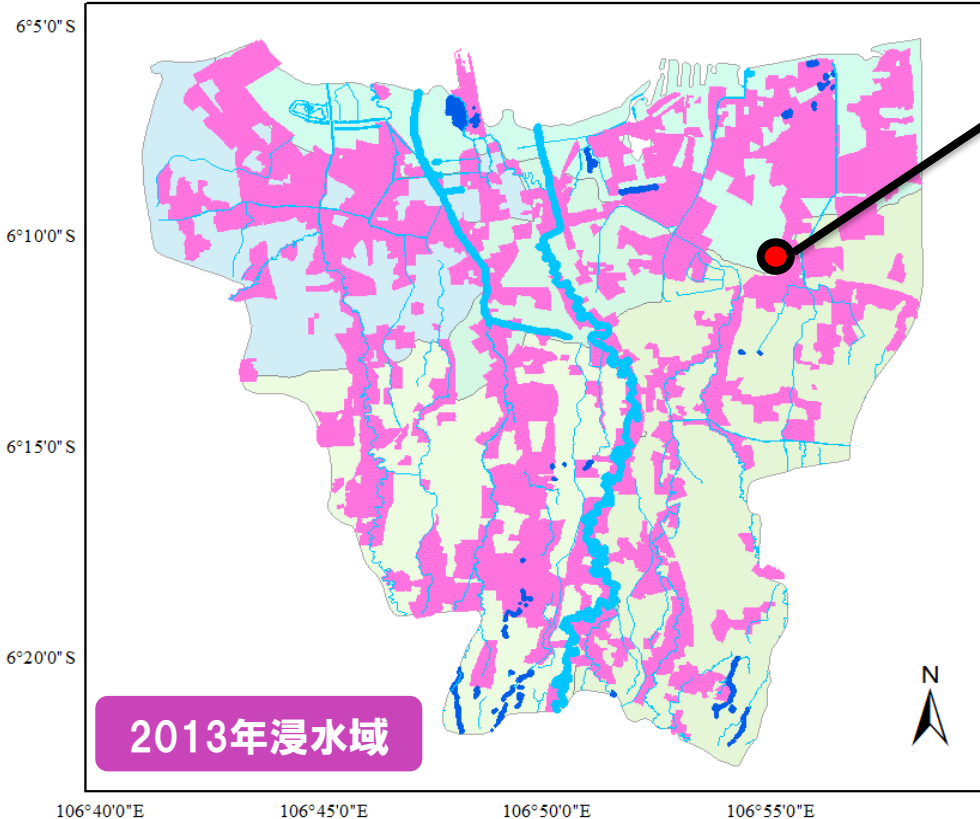
3:53



- ◆ 15日2時頃に積乱雲が組織化
- ◆ 15日4時に掛けて、積乱雲が発達・衰弱を繰り返しながら、チリウン川中流上空に到達

このような降水の時空間分布変動によって、例年の洪水に比して個々の雨量計では小さい雨量であっても、下流における水位上昇が生じたものと推測される。

# 民間企業の洪水対策



## 日系企業自動車生産工場

- 乗用車、大型トラック、バス、バイク等を生産
- Pulogadung工業団地に立地

## Pulogadung工業団地

- ジャカルタ市内の大規模工業団地
- 十数社の日系企業が進出
- 団地内では被災した企業が多数

- 敷地内には出荷前の車両等が多数保管されている
- 2007年の洪水被害以降、洪水対策に予算を投じてきた
- 2013年は洪水対策が功を奏し、**被害の低減を図ることができた**



## ハード対策



## ソフト対策

- 雨季前の用具点検  
（ポンプ、土嚢、発電機）
- 緊急時対応計画の策定
- 緊急時対応組織
- 緊急時対応訓練（防災訓練）
- 独自設置の水位計の監視
- 備蓄品の用意
- 過去の洪水時水位を記録して注意喚起



- ◆ 今後もハード対策は予算を取って継続的に新設、更新を予定している
- ◆ 緊急時には付近の住民に備蓄品を提供する

# 今後の研究、洪水被害低減に向けて

- ◆ 2013年洪水、2007年洪水時の気象場と比較・検証
- ◆ ジャカルタ市における熱帯モンスーン豪雨の特徴を解明
- ◆ 降雨流出・氾濫モデルへのレーダ降水強度・気象モデル結果の適用
- ◆ 降雨流出・氾濫モデルの適用・改良・拡張（実践防災学的モデル）
- ◆ 降雨の時空間分布変動が河川流量に及ぼす影響評価
- ◆ 各種洪水対策案の定量的な評価
- ◆ 堤防システムの問題点を明らかにし、その対策を提案
- ◆ ゴミの不法投棄などの社会問題を明らかにし、その対策を提案
- ◆ 洪水予報・避難警報システムの提案

*End.*

Thank you for your attention



TOKIO MARINE

# 降雨流出・氾濫解析モデルの構築・適用

## ○降雨流出モデル：タンクモデル

- Infiltration and Sub Surface Flow calculation → based on Tank Model (Kato, 2003, Tatesawa, 2007)

- Infiltration

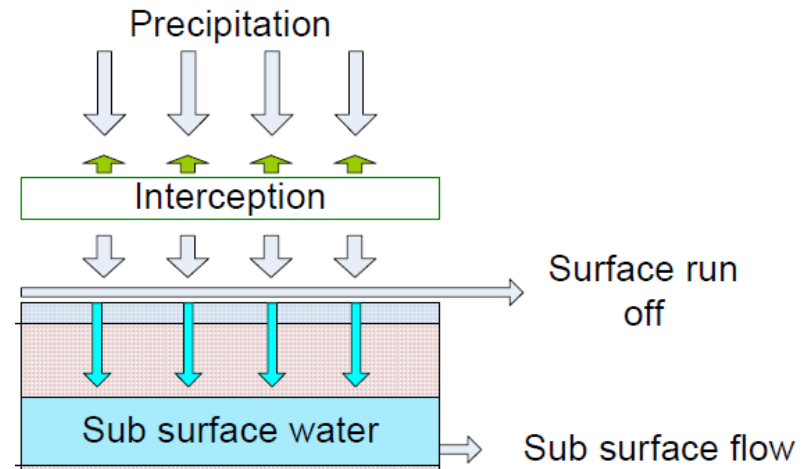
- saturated hydraulic conductivity,  $k_{h1}^*$
- water content in the top tank,  $\lambda$
- infiltration coefficient,  $C_{density}$

$$\lambda_i = \frac{H_i}{H_{imax}}$$

- Sub Surface Flow

- $c$ , dimensionless constant from Darcy Law
- $H$ , water depth in tank (soil layer)
- $H_{max}$ , tank thickness (soil thickness)
- $I$ , slope of the basin

$$q_{re} > k_{h1}^* \Rightarrow q_{inf} = C_{density} k_{h1}^*$$



### タンクモデルの概要

- Interception  $P = KEt_D + S$ 
  - $P$  is interception (mm) during a storm duration;
  - $KE$  is vegetation interception rate during rainfall (mm/hr);
    - $KE$  values for forest area:  $KE=0.2$  mm/hr; cultivated area:  $KE=0.1$  mm/hr as proposed by Hattori et al. (1982) and Tsukamoto (1998)
  - $t_D$  is rainfall duration (hr);
  - $S$  is canopy storage (mm) → 1.5 mm
  - The interception rate can be obtained by  $P/ t_D$

## ○河川・水路：1次元不定流

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(uQ)}{\partial x} = gA \frac{\partial(h+z)}{\partial x} - \frac{gn^2|Q|Q}{R^{4/3}A}$$

$A$  = area of cross section

$Q$  = discharge

$q$  = lateral inflow

$u$  = velocity

$h$  = water depth

## ○地表面氾濫モデル：2次元不定流

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = q$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial(h+z)}{\partial x} = -gS_{fx}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial(h+z)}{\partial y} = -gS_{fy}$$

$u, v$  = velocity

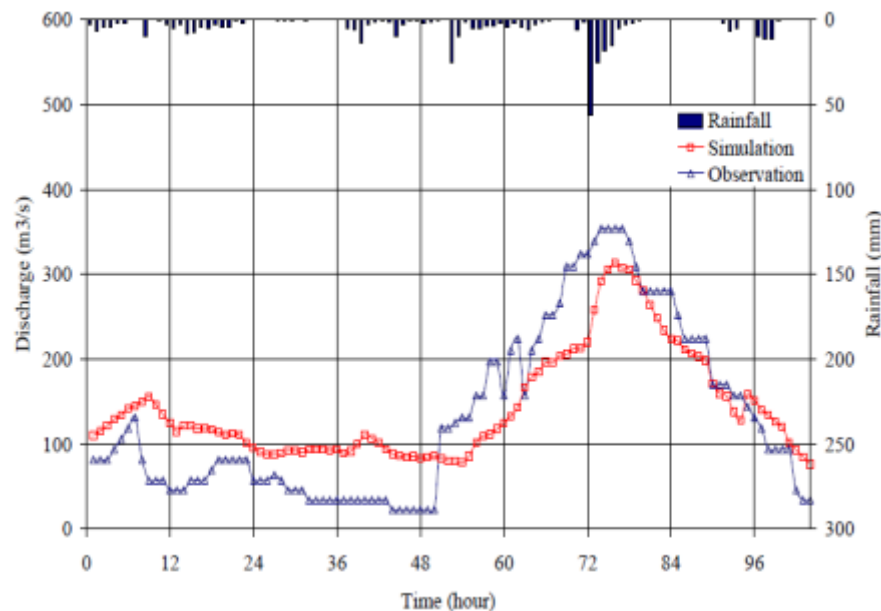
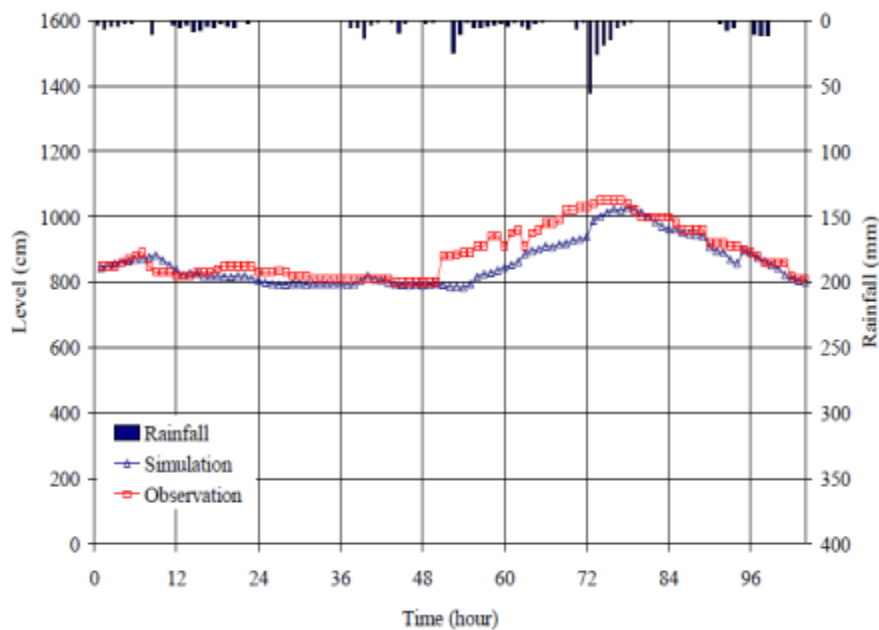
$h$  = water depth

$q$  = outsource

$S_{fx} = n^2 u x (u^2+v^2)^{1/2} / h^{4/3}$

$S_{fy} = n^2 u y (u^2+v^2)^{1/2} / h^{4/3}$

# 降雨流出・氾濫モデルの適用結果 (2002年洪水)



本モデルの2002年洪水への適用結果。チリウン川マンガライゲート地点における水位(左)と流量(右)の実測値と計算値の比較。