

## 北タイメーワン流域の流出予測精度向上に対する 地球観測データの有効性の検討

中西健一郎\*・田中賢治・小森大輔\*\*・沖大幹\*\*・池淵周一\*\*\*

\*京都大学大学院工学研究科

\*\*東京大学生産技術研究所

\*\*\*河川環境管理財団

### 要 旨

本研究では北タイのメーワン流域における現地観測データを用いて、地球観測データが流出予測精度に与える影響を調べる。また、観測データが無い状況に対しては、メソ気象モデルMM5出力値を用いる。これらのデータを陸面過程モデルSiBUC及び分布型流出モデルHydro-BEAMに投入し流出計算を行うことで、地球観測データが流出予測に与える影響を評価する。さらに、観測データが欠測であった状況を仮定し流出計算を行うことで、現地観測サイトの重要性についても議論する。

**キーワード:** 現地観測データ, SiBUC, Hydro-BEAM, 流出予測精度

### 1. はじめに

近年、地球温暖化による砂漠化の急激な進行や、水資源の不足、台風やハリケーンなどの自然災害による被害といった、地球規模での環境問題が深刻な問題となっており、IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001)は、地球温暖化により 21 世紀においては降水強度の増加や変動の可能性はかなり高いと報告している。これらの問題は東南アジア・タイ国においても同様に発生しており、またタイではこれらの自然災害によって毎年何人もの人が命を落としており、この被害を軽減するために正確な洪水予測、及びそれを用いて早期警報システムを構築することが求められている。

また別の背景として、このような地球規模の環境問題の対策にあたっては、同時に地球規模の諸現象について、広範囲に渡って正確な観測情報を取得し、これを流通させることが必要不可欠であるという認識のもと、2003 年 6 月にフランスのエビアンにて行われた G8 サミットにおいて地球観測サミットの開催が提唱され

た。この地球観測サミットは、第 1 回が 2003 年 7 月に米国で開催され、第 2 回が 2004 年 4 月に日本で、そして 2005 年 2 月に第 3 回がベルギーにて開催され、この 3 回にわたる地球観測サミットにおいて、複数システムによる包括的・組織的かつ持続可能な地球観測システム的重要性が提唱され、その枠組みとして GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) 10 年実施計画が提案・承認された。この中のプロジェクトの一つとして、現在東南アジア・タイ国の MaeWang 流域において、水文気象観測に関する既存のスーパーサイトデータ等を利用して、GEOSS のモデルケースとなる統合観測システムのプロトタイプを構築しようとしている(GEOSS 2005)。

本研究では、タイの MaeWang 流域において得られた地球観測データを、Tanaka(2004)により開発された陸面過程モデル SiBUC(Simple Biosphere model including Urban Canopy)、及び分布型流出モデル Hydro-BEAM(Hydrological river Basin Environment Assessment Model)に投入し、流出計算を行うことにより、観測データの影響力の大きさについて判定する。

これにより、精度の高い流出計算を行うことが可能になり、より正確な洪水予測など、現地の人々の安全に直接関わる問題に対して大きく寄与することが期待される。また同時に、今後観測サイトを新たに整備していく地域において、より効率的なサイト整備の実現が期待される。

## 2. モデルの概要

本研究では、陸面過程モデル SiBUC と、分布型流出モデル Hydro-BEAM の 2 種類のモデルを用いた。以下に、各モデルについて概述し、またこれらの結合方法について述べる。

### 2.1 陸面過程モデル SiBUC

陸面過程モデルとは、地表面のエネルギー収支を精度よく算定することを目的としており、陸面の主要な状態量である土壌水分量や地表面温度などを推定することが可能である。

一般にグリッドの中における地表面状態は、農地や森林、あるいは河川・湖沼や都市と、非常に多様になっている。SiBUC が他の陸面過程モデルと大きく異なる点として、従来の陸面過程モデルで表現されていた緑地に加え、都市域・水体をも表現可能にしたという点がある。

この 3 つの地表面状態においては、水・熱・放射収支が全く異なっている。そこで SiBUC ではモザイクモデルの概念を導入し、異なった土地利用状態がグリッド内に混在することを認め、土地利用の面積率とキャノピーカバー率を与え、各状態ごとに並列計算し、その重み付き平均をグリッドの計算値としている。

### 2.2 分布型流出モデル Hydro-BEAM

Hydro-BEAM は、平面分布型としてメッシュ型モデルを、鉛直分布型として多層モデルを用いた、いわゆるメッシュ型多層流出モデルである。Hydro-BEAM は鉛直方向には A~D の 4 層構造を有しており (Fig. 1), A~C 層の水平流出量は河川に流入するが、D 層だけは河川流量に影響を及ぼさない地下水層としている。

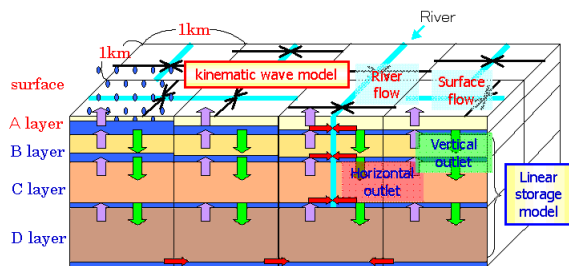


Fig.1 Frame of Hydro-BEAM

#### (1) 浸透・流出過程

地表面および河川における流出については kinematic wave 法を、A 層には下層からの流入量を考慮した kinematic wave 法を、また B, C, D 層では線形貯留法を用いて追跡している。

#### (2) 地形特性データの作成

落水線については、グローバル DEM データを CGIAR-CSI よりダウンロードし、窪地を除去した後に最急勾配方向を計算することにより作成した (Fig. 2)。

また土地利用データは、USGS よりダウンロードし、そこから対象流域を切り出すことで作成した (Fig. 3)。

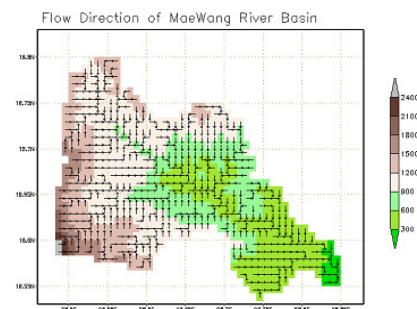


Fig.2 Flow Direction Map

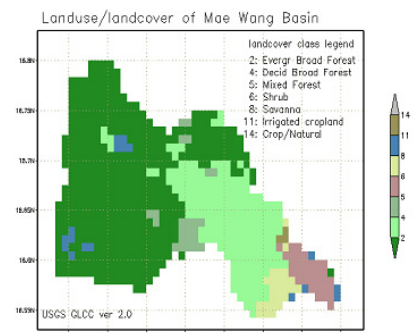


Fig.3 Landuse Map

### 2.3 SiBUC と Hydro-BEAM の結合

まず、各モデルの気象外力データであるが、SiBUC

は降水量, 下向き短波放射, 下向き長波放射, 地表面圧力, 風速, 気温, 水蒸気圧の7要素であり, Hydro-BEAMは降水量, 蒸発散量の2要素である。本研究では, まず SiBUC に7要素の気象外力データを入力し実行することで, MaeWang 流域における蒸発散量を得, この得られた蒸発散量と, SiBUC の気象外力で用いた降水量とを Hydro-BRAM の気象外力データとして用いることとした。この際, SiBUC と Hydro-BEAM では入力データの形式が若干異なり, Hydro-BEAM では対象流域内の気象データのみを入力値として用いる必要があるため, SiBUC より得られた蒸発散量及び降水量にマスク処理を施して入力値を作成した。

### 3. 観測データの解析及び欠測の影響評価

本研究は GEOS5 サーバーより入手した気象観測データを用いて, これらのデータがモデル出力値に及ぼす影響を考慮することで, 最終的にモデル計算結果の精度向上を目的とする。しかしながら, 降水量や蒸発散量のようなデータにおいては, 流出に大きな影響を与えることが明確であるため, 流出モデルを用いて流出計算を行わずとも観測データの変化を見ればおよその流出への影響が推定できるのではないかと考えられる。

そこで本章では, 気象観測データを基にして作成したグリッドデータと, 意図的に観測値を欠測と仮定して作成したグリッドデータとの差を見ることで, ある観測地点において観測値が欠測することによる影響について言及し, さらにそうして得られたグリッドデータをモデルのインプットデータとし, 得られた流量ハイドログラフを用いることで各観測サイトの重要性について考察する。

#### 3.1. 分布データの作成方法

##### 3.1.1. MaeWang 流域

本研究で解析対象としている MaeWang 流域は, タイ北部にあるチェンマイ県の南西に位置しており, 流域面積はおよそ 500[km<sup>2</sup>]であり, また気候区分は亜熱帯気候に属する。最高気温は 25°C から 35°C, 湿度は 80%

から 90%ほどであり, 季節は雨季と乾季が存在する。雨季はおおよそ 5 月から 11 月の間であるので, 本研究の解析対象期間は乾期の終わりから雨季にかけてということになる。

Fig. 4 に MaeWang 流域の降水観測量データを示す。この図にも表れているように, MaeWang 流域の降水は, 短時間に強い雨が降り, すぐにあがってしまうという特性を持っていることが言える。

次に, GEOS5 観測データを用いて作成した観測サイト No. 2 における水位の変化を Fig. 5 に示す。現地ではこのサイトにおける危険水位は 3.6[m]に設定されており, 増水イベントを見ると危険水位を超えた・あるいは危険水位に近いところまで水位が上昇したイベントが多くあることが見て取れる。このことより, 特に上・中流域の人々に対しては事前の洪水予測が非常に重要な問題であるといえる。

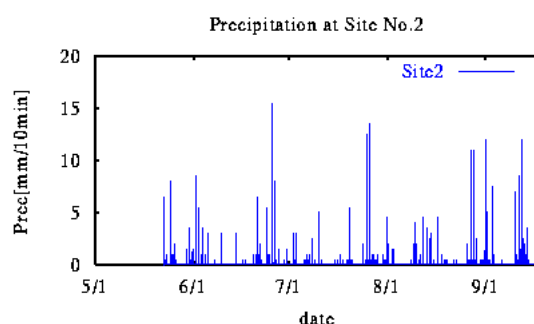


Fig.4 Precipitation of MaeWang river basin

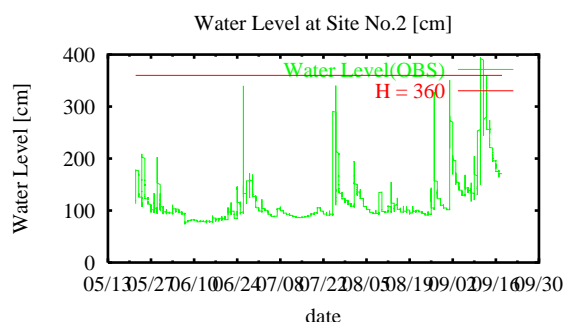


Fig.5 River Water Level of MaeWang river basin

### 3.1.2. 使用する気象データ

#### (1). 気象モデル MM5

MaeWang 流域を対象として, メソ気象モデル MM5 (The Fifth-Generation NCAR / Penn State Mesoscale Model) を用いた計算がすでに行われている。計算条件は, 以下に示すとおりである。

- 対象地域：タイ全土及び北タイの2領域を入れ子にしている
- 空間解像度：タイ全土では12[km]，北タイでは4[km]
- 時間解像度：81[arc-sec]

この計算条件により、2006年5月1日から同9月17日までの出力結果が得られている。現地観測が存在しない流域では、こういった気象モデルによる計算結果のみから流出予測を行うことになる。

### (2). GEOSS による観測

GEOSS により、MaeWang 流域の各観測サイトにおいて気象観測が行われている。実際に観測している気象要素は風速・風向・気温・湿度・放射量・雨量・含水率・河川水位・地温・水温・地下水位である。観測サイトの位置を Fig. 6 に示す。これらのサイトで観測された気象データは、携帯電話網を利用してテレメトリされ、データベース化されて GEOSS サーバーにアップされることで、世界中の利用者からいつでもアクセス可能な状態として WEB に公開されている。

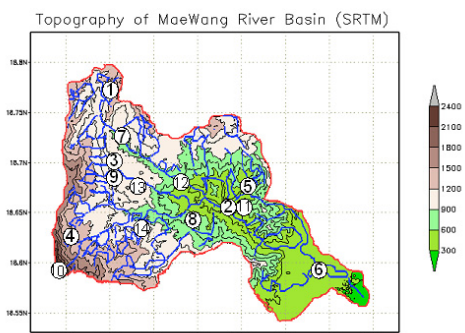


Fig.6. Location of GEOSS observational sites

### (3). MaeWang 中流域における H-Q 曲線

GEOSS では河川流量の観測を行っていないため、河川水位を流量データに変換するために、H-Q 曲線も用いる。この H-Q 曲線は、観測サイト No. 2 の情報を表しており、このことより本研究はサイト No. 2 を主たる解析対象として進めていくものとする。

本研究では、以上にあげた 3 種類のデータを用いて実験を行う。

### 3.1.3. グリッドデータの作成

3.1.2 節であげた気象観測データからグリッドデータを作成する。本研究の解析対象期間は 2006 年 5 月 1 日から同 9 月 17 日までの 140 日間であるため、この期間のグリッドデータを作成する。しかしながら、この観測データの値は所々欠測になっており、また観測サイトを整備し、観測が開始されたのが 2006 年の 5 月中旬であるため、全期間のデータを入手することは不可能であった。解析対象時期におけるデータ取得状況を Fig. 7 に示す。

Rain Data Acquisition Status

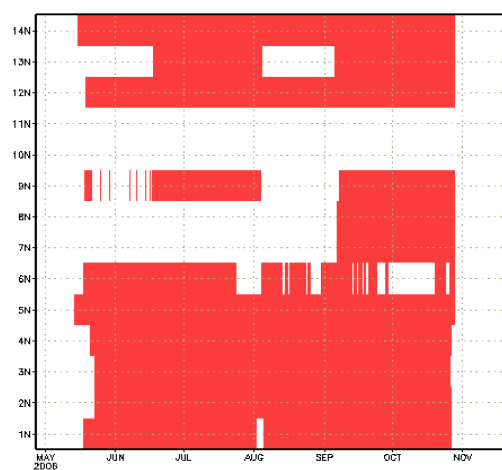


Fig.7. Precipitation data acquisition status

そこで本研究では以下のような手法を用いてグリッドデータを作成することとした。

- 観測開始日までの観測データの値には、MM5 の出力を用いる
- 欠測時のデータは、周りの観測値から内挿することで補完する

なお、欠測データの内挿は、以下の手法で行った。

- 各観測データの影響半径は 25[km] とする。
- 欠測であるサイトを影響圏内に含む観測値の重みを以下の関数で求める。

$$w(i) = \begin{cases} \frac{1}{1 + 999 \left( \frac{r(i, lack)}{ir} \right)^2} & (r(i, lack) \leq ir) \\ 0 & (r(i, lack) > ir) \end{cases} \quad (1)$$

ここに、 $w$  : 重み,  $i$  : 対象とする観測サイト,  $r$  : 観測サイトと欠測サイトとの距離,  $lack$  : 欠測しているサイト,  $ir$  : 影響半径, である。

③. 欠測値を周りの観測値の重み付き平均として算出する。

$$x(lack) = \sum_{i=1}^{st} \left( \frac{w(i)}{weight} \right) x(i) \quad (2)$$

$$weight = \sum_{i=1}^{st} x(i) \quad (3)$$

ここに、 $x$  : 観測値,  $st$  : 観測サイトの個数, である。

これにより、仮にはあるが全解析期間内の観測データがそろふこととなる。こうして算出した観測データより、式(2)と式(3)を用いて対象流域のグリッドデータを作成する。

### 3.2. 欠測による降水量データの変動評価

あるサイトにおいて観測値が欠測であったとしても、もし周りの観測値からそのサイトの観測値を推定することができれば、その推定値を用いて比較的精度よく予測計算を行うことが可能であると考えられる。また逆にこうして欠測した観測値を推定することが困難である場合には、その観測値が欠けた場合の予測計算の精度は悪くなることが予測される。

#### 3.2.1. 観測値と推定値の相関分析

本研究では、解析対象期間内において、意図的にあるサイトの観測値を欠測させた状況を作り、このサイトの観測値を周りの観測値情報より推定し、この推定値と本来そのサイトで観測されていた値とで相関分析を行った。その際、降水量0[mm/10min]のデータも標本として相関係数を算出すると、見かけ上相関係数が大きく出てしまう可能性があるため、標本としては降水量0[mm/10min]の点を除外して考えた。観測サイトNo.2における降水量観測値データと、このサイトが欠測したと仮定した場合の推定値を Fig.7 に示す。この図より、まず時間雨量に関してはどのサイトにおいても相関があまり見られない。これより、サイトの欠測値を1時間単位で再現することはきわめて困難であると考えられると同時に、同様の手法を用いて作成した降水の

空間分布データも時間解像度が1時間ではあまり精度よく算定されていないと言える。このことより、流出モデルを用いて得られる流出量データに関しても同様にあまり精度の低い流出量が得られるであろうと推測される。

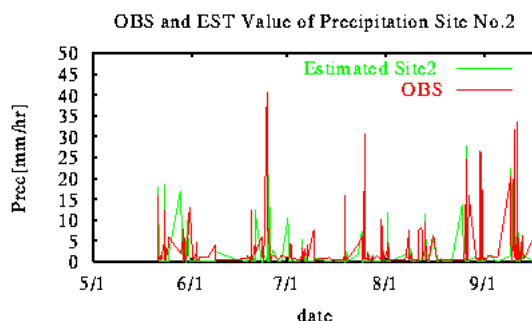


Fig.8. Amount of observed and estimated precipitation at site No.2

#### 3.2.2. 観測値と MM5 出力値の相関分析

GEOSS の地球観測データより作成した降水量データと、メソ気象モデル MM5 の出力より得られた降水量データとの相関を考える。観測サイトNo.2地点における、降水量観測値と MM5 出力値のうち、降水量が少しでもあるものを図示したものを Fig.9 に示す。この図よりこの2つの変数の間にはあまり相関が見られないといえる。

そこで、次に MM5 降水量と観測降水量を時系列順にプロットした (Fig.10)。図に見られるように、特に9月頃になると、存在しない降水イベントが発生したり、逆に存在している大きな降水イベントをとらえていなかったりと、予測精度の点で十分とはいえない結果になっている。

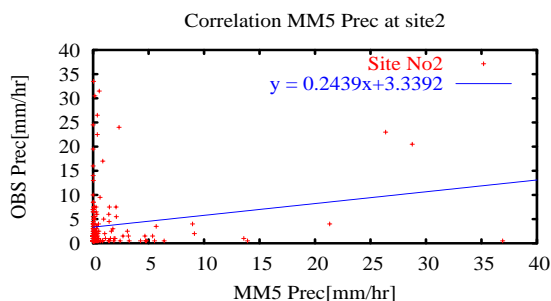


Fig.9. scatter graph between MM5 and Observed precipitation

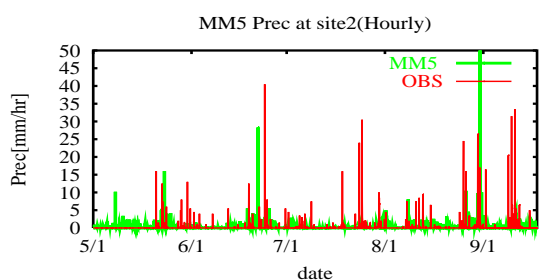


Fig.10. MM5 and Observed hourly precipitation

### 3.2.3. 降水量データの変動評価のまとめ

MaeWang 流域の GEOS 観測サイトにおいて、降水量の観測値が欠測となった場合、その欠測値を 1 時間単位で再現するのはきわめて困難であるが、日単位で再現することにたいしてはかなり高い精度で再現することが可能であるため、日流量を考える上ではこれだけの観測網密度があれば欠測による影響はそこまで大きくならないと推測される。

一方で、気象モデル MM5 の出力値では、イベントによっては降雨イベント自体が起こっていないような事例もあり、このモデル予測値を用いて流出量を算出したとしてもあまりよい精度での結果は期待できないことが言える。

### 3.3. 欠測が流出に与える影響の評価

3.2 節で作成した、降水量観測値が欠測であった場合を想定して作成された降水量グリッドデータを陸面過程モデル SiBUC 及び分布型流出モデル Hydro-BEAM のインプットデータとして用いて、そこから得られた流出量を比較することにより、あるサイトにおける降水量観測値の欠測がどれほど影響を与えるかについて言及する。

#### 3.3.1. 欠測値を内挿で補完した比較実験 (LCK)

##### (1). 計算条件

2.3 節で述べた SiBUC の気象外力データ 7 要素のうち、降水量を除く 6 要素については気象モデル MM5 の出力値を用い、降水量データには欠測を仮定しない状況で作成したグリッドデータと、あるサイトが一つ欠測したと仮定して作成したグリッドデータを用いる。また、空間解像度は 30[arc-sec]、時間解像度は 1[hour] とする。

##### (2). 実験結果とその考察

各条件ごとに計算を行い、得られた流量ハイドログラフを Fig. 11 に示す。図中において、直線 FUL は、欠測を仮定しない状況にて得られた流量を表し、その他は、あるサイトを欠測させた場合に得られる流量を表しているものとする。この図に見られるように、各サイトを欠測させることで得られる流量ハイドログラフは、欠測を仮定せずに行った計算より得られた流量ハイドログラフとかなり近い挙動を示していることが見て取れる。

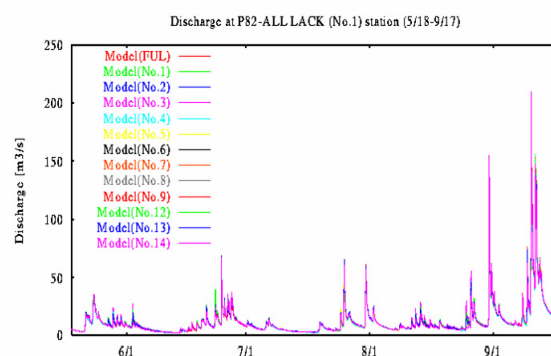


Fig.11. Discharge in the case of failure of acquisition of precipitation data from each site

次に、欠測を仮定しない条件から得られた流量と、ある一つのサイトが欠測したと仮定した条件より得られた流量データとの間の相関関係について調べる。この両者の間の相関係数及び 2 乗平均平方根誤差 RMSE を Table1 に示す。これより、両者の間には非常に高い相関を示しているが、RMSE を比較してみると、サイト No. 3, No. 4, No. 14 において値が 1[m³/s] を超えるなど、他のサイトに比べて大きくなっていることがわかる。この差は無視できない大きさであり、これよりこの 3 つのサイトにおける降水量観測値は他のサイトに比べ流出予測に対し大きな意味をもつと言え、高精度な流出計算を行う上では重要な場所であると言える。

また、サイト No. 6, No. 7, No. 8, No. 9 は、RMSE の値はそこまで大きくは出ていないが、これらのサイトは Fig. 7 からわかるように、元々欠測している期間が多いサイトであった。このため、欠測と仮定して行った計算においては流出量にあまり大きな影響を与えなかった可能性がある。このため、他のサイトから内挿する

ことである程度補完できるとは現時点では言い切れない。

Table1. Correlation between observed and estimated discharge

欠測したサイト	相関係数	RMSE
1	0.999	0.6687
2	0.999	0.6265
3	0.998	1.0973
4	0.997	1.1427
5	0.999	0.6912
6	0.999	0.3732
7	0.999	0.5970
8	0.999	0.4822
9	0.999	0.5433
12	0.998	0.9261
13	0.999	0.6493
14	0.997	1.1026

### 3.3.2. 内挿法を用いない比較実験 (BLD)

3.3.1 節では、欠測した値を内挿を用いて補完した後にグリッドデータを作成するという手順を踏んでいる。しかしこの方法では内挿により推定精度に何らかの影響が表れていると考えられる。

そこで、欠測値を内挿で補完するということをせず、観測サイト自体がはじめから存在していないと言う状況を仮定し、この状況の下モデル計算を行い、3.3.2 節で得られた結果との比較を行うことで、再度観測値が重要な意味を持つ観測サイトの判別を行う。

比較実験 LCK と同様、計算により得られた流量ハイドログラフを Fig. 12 に示す。これらの図より、欠測値を内挿法で補完して得られた降水量を用いて流量を算出した実験 LCK と同様に、観測降水量を全て用いて得られる流量ハイドログラフとほぼ同様のグラフが得られた。これにより、内挿法に起因する流出量の誤差はそれほど大きくないと考えられる。

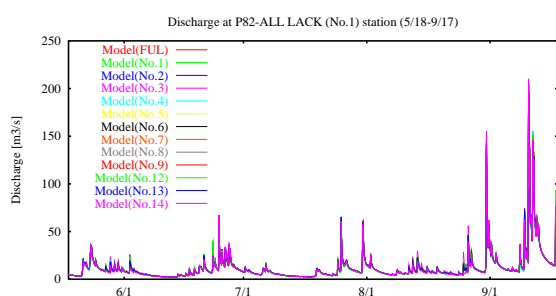


Fig.12. Discharge in the case of failure of acquisition of precipitation data from each site (No Interpolation)

そこで次に、欠測による予測精度を定量的に評価するため、LCK の時と同様、得られた流量について相関係数、及び RMSE を計算した。実験 LCK と実験 BLD で得られた流量 RMSE を比較したものを Table2 に示す。この結果より、まずほとんどのサイト、中でも特に No.13 においては、欠測した値を内挿してから流出量を計算した方が、元々サイトが無いものとして計算したものよりも精度が改善されている。これより、サイト No.13 においては内挿によりうまく欠測値が表現できていることが言え、万一観測値が欠測であったとしても周りの点より補完してそれなりの精度で流出予測計算を行うことが可能であると考えられる。

逆に、サイト No.3 及び No.7 においては、内挿することにより精度が低下していることが見て取れる。No.3 については、Fig.6 と Fig.7 に見られるように、周りの観測サイトにおける降水量観測値の多くが欠測であるという状況にある。このため、これらの点の情報だけではうまく内挿することができず、結果として流出予測精度が低下してしまった可能性がある。

一方 No.7 については、周りの点で観測は行われているものの、もともと No.7 における降水量観測値自体に欠測が多かったため、内挿により観測値を補完することに対する影響があまり出てこなかった可能性がある。しかしながら、No.7 と似た観測値取得状況にある No.8 においては、内挿することにより RMSE の比較的大きな減少が見られることより、うまく内挿できなかった可能性も否定できない。これより、観測値が大きな影響を与える可能性もゼロではなく、今後データが得られた状況において検証する必要がある。

また、No.3, No.4, No.14 においては、LCK の時と同様に比較的大きな RMSE が得られた。これより、No.3 においては先に述べたとおり内挿によるデータ補完の影響もあるだろうが、それ以上に観測値が流出予測に大きな影響を与えるサイトであるといえ、重要な観測ポイントであると言える。

Table2. Correlation between observed and estimated discharge (No Interpolation)

欠測したサイト	相関係数	RMSE
1	0.999	0.6847
2	0.999	0.6523
3	0.998	1.0624
4	0.997	1.1467
5	0.999	0.7317
6	1.000	0.3755
7	0.999	0.5832
8	0.999	0.5404
9	0.999	0.5748
12	0.997	0.9943
13	0.999	0.7574
14	0.997	1.1085

#### 4. 降水分布の変化に対する比較実験 (PRC)

気象モデル MM5 により空間詳細な気象要素が 1 時間単位で提供され、陸面モデルと水文モデルで流出予測を行うことが可能になった。降水量についても大きなイベントの多くはモデルでもある程度の精度で再現がされているものの、イベントにより降水量の評価が大きく異なる場合もある。GEOSS のように、雨量計のネットワークをこの程度の密度で整備することで、少なくとも日流量についてはかなりの精度で予測することができるが、時間単位で見ると、必ずしも十分ではないので、レーダーによる降水量の空間分布情報が望まれる。

本章では、気象モデル MM5 出力値、GEOSS 観測値をモデルのインプットデータとして流出計算を行い、得られた結果を比較することにより地球観測データが流出予測にどれほど影響を与えるかについて述べる。

今回の実験では、3.3.2 節で述べたのと同様に、SiBUC 及び Hydro-BEAM を用いて、これらのモデルに与える気象外力データを変化させることにより流出量がどのように変化するかを調べた。

##### 4.1. モデル計算条件

本研究では、モデルの計算として以下の 3 種類の条件を設定した。

- 条件 1 (MM5) : SiBUC および Hydro-BEAM に入力するデータ全てに MM5 出力値を使用した。
- 条件 2 (FUL) : 降水量データのみ、GEOSS 観測データを内挿して作成したグリッドデータを使用し、他のインプットデータは MM5 出力値を使用した。
- 条件 3 (AVE) : 降水量データに流域平均値を与え、降水分布が一様な場合を設定した。また、他のインプットデータは MM5 出力値を使用した。

また、空間解像度は 30[arc-sec]、時間解像度は 1[hour]に設定し、計算期間は 2006 年 5 月 1 日から同 9 月 17 日までの 140 日間とする。

#### 4.2. 実験結果とその考察

##### 4.2.1. 観測流量について

Fig. 4 より、この対象期間内において大きな流出イベントが数回あったといえる。これらの流出イベントにおける流出計算の精度を判定し、流出予測における地球観測データの有効性を検討する。なお対象とする流量データについては、全て Site No. 2 の値を元に考えることとする。

##### 4.2.2. 比較実験結果

計算条件 1, 2, 3 における流出計算結果を Fig. 13 に、またその中で結果に特徴が顕著に表れていた流出イベント 2 回を取り出したものを Fig. 14 に示す。なお、比較実験には流出量データが必要であり、本研究においては流出量は 1 昨年の MaeWang 流域の H-Q 曲線を用いて変換した。以下に、各実験の結果について示す。

- 実験 MM5 : この実験においては 3.2.2 節で述べたように、降雨イベントを十分に再現できているとは言い難いため、流出計算の精度もそこまでよいものが得られないのではと予想していたが、実際大きな流出イベントだけ見ても、イベントによって再現できているものとできていないものがあり、計算精度の点では十分ではないと言える。特に顕著なのが 8 月後半・9 月前半の降水イベントである。このように大きなイベントであるが、



降水量の比較時と同様にこのイベントを再現できておらず、逆にその直前の8月末の降水イベントにて流量を過剰に算定している。

- 実験 FUL : この実験は、降水量分布データを GEOS 観測データを内挿して作成することで、降水量データをより現実の挙動に近づけた条件での流出実験である。全体として現実の流量の挙動をある程度表していることが見てとれるが、時間単位の流出量において各降水イベントごとに見てみると、例えば7月後半の降水イベントにおいては、流出に対して反応してはいるものの、その反応はきわめて小さく、この降水イベントを捕らえていたとは言い難い等、再現精度が十分であるとは言い切れない。
- 実験 AVE : この実験は、流域平均降水量をモデルのインプットデータとして与えることで、実験 OBS にたいして、総降水量を一定とし、降水強度の挙動を変化させるという条件で行った流出実験である。結果として、観測流量データの挙動とほぼ近い流量データが得られたが、イベントによってはこれらの流出量を過大・あるいは過小評価しているところも見られた。

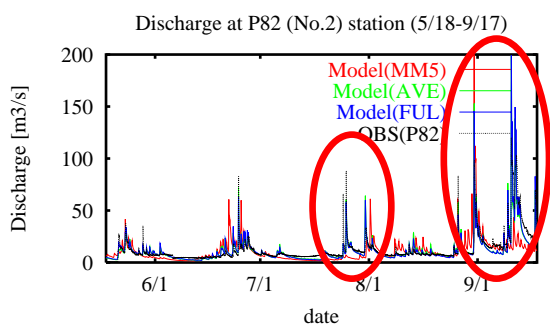


Fig.13. Estimated hourly Discharge at Site No.2

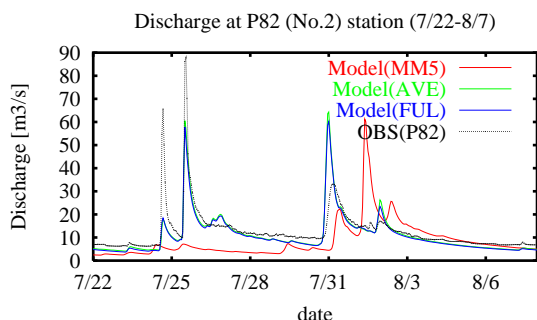


Fig.14. Estimated hourly Discharge at Site No.2  
(7/22~8/7)

#### 4.2.3. 実験結果に対する考察

以上の結果より得られた考察を以下にまとめる。

まず、実験 MM5 と実験 FUL の違いについて考察する。この2つの実験条件の違いとしては、降水量の強度と分布状況である。Fig.10でも示したとおり、MM5出力値と観測データより作成した降水量との挙動にはあまり高い相関が得られておらず、降水分布や降水強度においてもかなり異なった状況であるといえる。このため、計算される流出状況においても大きく異なった挙動を示したものと考えられる。FULにおいては、比較的よい精度で流量が再現されていたため、流出予測においては、より精度よい降水データを与えることで流出予測精度が改善されるということがわかった。

そこで、降水データの中でどの要因が以上にあげた MM5 と FUL との差を作ったのかについて考えるため、AVEの結果について考える。AVEは、降水分布を一定(流域平均値)として行った実験であったが、これにより得られた結果より、FULやAVEで得られた流量は同じような値を示している。このことより、雨季における MaeWang 流域の流出量を算定する際には、流域平均雨量を正確に求めることができれば流出をうまく再現できると言うことができる。

しかしながら、例えば Fig.14 を見ると、二つの大きな流出イベントに対し、一方では AVE (あるいは FUL) は流出を過小評価し、また一方では過大評価している。これより、現在の GEOS 観測網では流域平均雨量を正確に算出できているとは言い難く、また流出をより精度よく再現するためには、より高精度な降水分布データ、例えばレーダーデータなどを用いることが不可欠であると言える。

#### 4.3. レーダーデータの利用に向けて

Fig.15に、MaeWang 流域におけるレーダー画像を示す。なお本研究を行った時点では解析対象期間のレーダーデータがまだ整備されていなかったため、これを用いた解析を行うことはできていない。

現在の状況では観測サイトで得られた降水量データを内挿あるいは外挿して求めているが、この Fig.15に見られるように、MaeWang 流域の降水量の分布は非常に複

雑な様式を示しており、観測サイトに位置によっては内挿や外挿ではこの複雑な降水量分布の傾向を表現することは不可能であり、結果として流域平均雨量が誤って算出されてしまうことになる。

このように、GEOSS によるこれだけの観測網密度を持ってしても MaeWang 流域の非常に入り組んだ降水量分布を正確に表現することは困難である。正確な流出量予測を行うにはやはりレーダーデータ等を用いて詳細な降水量分布データを得ることが必要不可欠であるため、これらのデータを早急に導入することが望まれる。

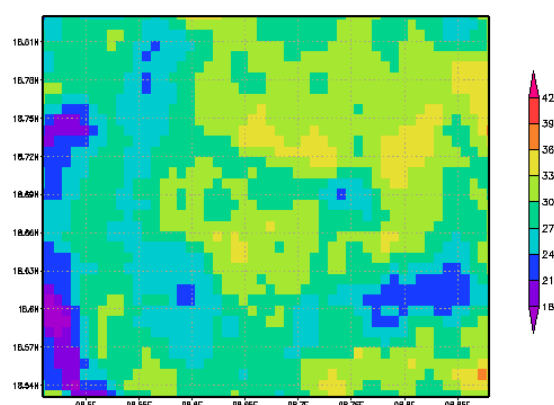


Fig.15 The distribution of precipitation with a radar data

## 5. 結論

本研究では、GEOSS10 年実施計画によりタイ北部の MaeWang 流域で観測された水文・気象データを用いて、これらのデータの取得が流出計算の予測精度にどのような影響を及ぼすかについて検討した。また同時に、これらの観測データが取得できなくなった際に、周りの計算値を用いてどれほど降水を再現できるかについて、相関係数を用いて判別した。以下に本研究のまとめについて述べる。

まず 3 節では、対象とする MaeWang 流域について概説し、また MaeWang 流域の気象・水文データについて、データの説明・グリッドデータ作成手法及び実測値と推定値との相関関係・および得られた流出ハイドログラフについて検討し、観測が大きな影響力を持つサイトを判定した。

そして 4 節では、モデルを用いてインプットデータを

差し替えた出力を比較することで、観測データの流出予測に与える影響を検討し、雨量計観測データのみでは正確な流域平均雨量を算出し切れていないことを示し、より高精度な降水分布データの必要性について言及した。

以上より、今後正確な流出予測を行うために、欠測であっては困る可能性が高いサイトを特定することができた。また、降水量の流域分布状況が流出にどれほど影響を与えているかを示唆することができた。

## 謝辞

本研究で使用した MM5 出力データは東京大学生産技術研究所の Thanh 博士に提供していただきました。紙面をお借りして感謝の意を表します。

## 参考文献

- IPCC (2001) : IPCC 地球温暖化第 3 次レポート (TAR)
- GEOSS (2005) : 「地球観測による効果的な水管理の先導的実現」平成 17 年度研究成果報告書
- Kenji Tanaka (2004) : Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model, doctoral dissertation, Kyoto University

**Evaluation of the Effectiveness of the Earth Observation Data on the Improvement of  
Runoff Prediction in the Mae Wang Basin in Northern Thailand**

Kenichiro NAKANISHI<sup>\*</sup>, Kenji TANAKA, Daisuke KOMORI<sup>\*\*</sup>,  
Taikan OKI<sup>\*\*</sup> and Shuichi IKEBUCHI<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Kyoto University Graduate school of Engineering

<sup>\*\*</sup> Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

<sup>\*\*\*</sup>Foundation of River and Watershed Environment Management

**Synopsis**

In this study, the impacts of the Earth Observation Data on the improvement of runoff prediction are investigated using the in-situ measurement data in the Mae Wang river basin in northern Thailand. For the case of un-gauged condition, precipitation data is given from the output of mesoscale meteorological model (MM5). SiBUC land surface scheme and Hydro-BEAM are used for runoff simulation. For the gauged condition, 11 raingauges are used. Furthermore, several rainfall datasets were prepared considering the "missing" of some observation. Through the comparison of simulated discharge, importance of each observation site is discussed.

**Keywords:** In-situ measurement data, SiBUC, Hydro-BEAM, accuracy of runoff prediction