

③陸面水文植生モデル (SiBUC) による水循環推定に関する研究

課題分担者：田中 賢治 (京都大学防災研究所)

研究目標

都市キャノピーや水面などがグリッド内に混在していることを表現できる陸面水文植生モデル SiBUC を用いて地球観測データに基づく水循環の推定を行うと共に、衛星データを用いた初期値の同化手法の適合性に関して研究開発を行う。また、衛星観測に基づく作付け暦の推定による灌漑取水量のモデル化など、人間活動影響の取り組みに関してもモデルの研究開発、ならびに現地での情報収集を行う。

研究実施内容

1. はじめに

地球温暖化の進行により、今後降水量の変動幅の拡大や降水パターンの変化などの気候変動が起こると予測されており、IPCC 第 4 次評価報告書の中でも極端な大雨の頻度は増加すると述べられている。こうした背景から、洪水災害対策への取り組みは現在喫緊の課題であるといえる。これまでに洪水対策に関する手法は様々なものが提案されているが、特に Mae Waang 流域のような中小流域においては洪水警報・避難勧告を発令するためのリードタイムが短いため、モデルを用いた流出予測を行い、一分一秒でも早く河川流量に関する情報を得ることは、河川管理上非常に有効であると考えられる。そこで本研究では、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)を用いた実時間での流出計算システムの構築を目指し、その流出計算に必要である降水量データの推定手法に関する検討を行う。本研究では現地で観測されている地上雨量計によるデータをもとに作成した降水量、並びに衛星データ (MTSAT-IR, GSMaP) より推定された降水量データを用いてシミュレーションを行い、実時間流出予測に対する降水量データの推定について検討する。

2. モデルの概要

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、各状態に対して並列計算し、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、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。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。

2.3 地形特性データの作成

落水線については、SRTM の全球 3 秒メッシュ DEM データ(Fig.1)から作成した。流域内に窪地が検出された場合、対象グリッドまたは周囲のグリッドの標高を微修正することにより窪地を除去した後に最急勾配方向を決定し、Mae Waang 流域の流出モデルを構成した(Fig.2)。また土地利用データは、USGS が作成した GLCC ver2.0 から SiBUC で用いる植生タイプに再分類して作成した。

2.4 SiBUC と Hydro-BEAM の結合

SiBUC では降水量、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 要素を入力として地表面水熱収支各項を計算する。Hydro-BEAM では降水量、蒸発散量の 2 要素を入力として流量を計算するが、SiBUC で計算された蒸発散量を Hydro-BEAM に用いることにより、両モデルをデータの的に結合している(Hydro-BEAM から SiBUC へのフィードバックはなし)。

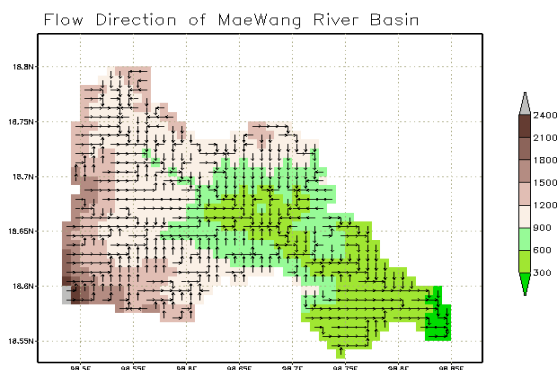
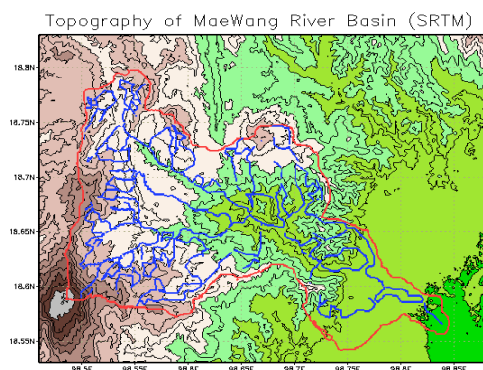


図 1 3 秒メッシュ DEM (SRTM) および流域界

図 2 Mae Waang 流域の落水線図

3. 降水量分布に対する比較実験

まず最初に、降水量データが流出に与える影響を検討する。本研究で行うような陸面モデルと水文モデルを用いた流出予測には、特に洪水予測に対しては入力値としての降水量データが非常に重要な意味を持つと考えられる。降水量データとしても、モデル予測値や現地観測データ、レーダーや衛星などリモートセンシング技術を用いて得られるデータなど様々なものが存在し、これらはデータの入手の容易さや精度、解像度など様々な違いがある。例えば現地観測データは実測値を捉えているが、得られるのは点の情報であるため面的な分布データに変換してやる必要があるし、一方モデル予測値やリモートセンシングによる予測値は、面的な情報を得ることができるが、直接観測に比べて値の精度は落ちて

しまう。

本章ではこのうち、現地観測データと気象モデル MM5 の予測値を用い、流出計算を行うことで、これらのデータにより流出予測精度がどれほど向上するかについて述べる。今回気象モデル MM5 の出力値は 2006 年 5 月 1 日から 140 日間のデータであるため、気象モデルの有効性を確認するため、最初この期間において各シミュレーションを行う。詳細は後述するが、ここで現地観測データによる流出予測精度は非常に良好であったが、警戒すべき大きな洪水イベントが 1 回しか観測されていないため、この後計算期間を延長し 2007 年 10 月末日までの計算を行い、現地観測データの有効性について再検討することとする。なお、衛星データの可能性については次章でまとめて検討することとする

3.1 Mae Waang 流域の流域特性

数値実験の前に、まず Mae Waang 流域の特性、すなわち降水の特徴や流域面積、危険水位などについてまとめる。Mae Waang 流域は亜熱帯気候帯に属し、流域面積は約 550km² である。Mae Waang 流域の降水量としては、Fig.3 に示すように短時間に激しい雨が降り、すぐにやんでしまう。また Fig.3 に 2006 年 5 月から 2007 年 10 月までの観測流量を示す。Mae Waang 流域の洪水対策は、P82 地点の観測流量が 150 トンを超えた場合に行われるが、この 2 年間で Mae Waang 流域では 3 回この規模の出水が起こっている。Mae Waang 流域は毎年洪水災害が起こるほど、洪水頻発地域になっており、また 150 トンは超えないまでも非常にこの危険流量に近づいているイベントも数多く見られる。洪水予測を行うためにはこの 150 トン超えのイベントをいかに精度良く予測できるか、という問題になる。

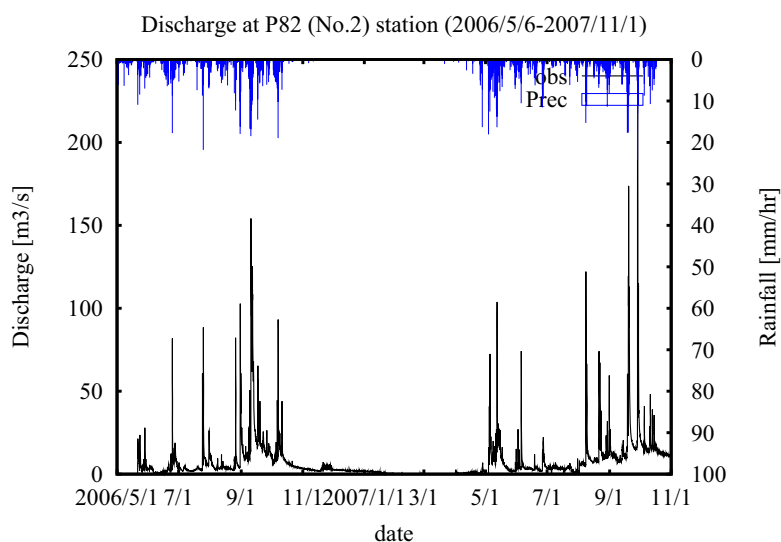


図 3 Mae Waang 流域の観測降水・観測流量データ

3.2 入力メッシュデータ

この章では 3 種類の降水データを用いて、それぞれ得られるハイドログラフを比較することで各降水データが流出に及ぼす影響について検討する。降水データの詳細を以下にま

とめる。

- MM5：気象モデル MM5 を用いて計算された降水量予測データ
 - FUL：GEOS5 による現地観測データを内外挿して作成した降水量分布データ
 - AVE：FUL より求めた流域平均降水量を流域全体に一様に与えたデータ
- なお、気象モデル出力値は Thanh 博士に提供していただいた。また、陸面モデルの入力値として、風速、気温、気圧、水蒸気圧、短波放射、長波放射が必要であるが、本研究では MM5 出力値を用いている。これらのデータの解像度は、1km、1 時間となっている。

3.3 降水量メッシュデータ解析

実際に流出計算を行う前に、降水量データについて検討を行う。流出には降水・蒸発散、地下への浸透などの要素が関わってくるが、特にこのような雨期の流出を考える際には蒸発散や浸透よりも降水量の影響が卓越してくると予想されるため、降水量データの精度が流出に大きく寄与してくると考えられるためである。

まず最初に、ある観測サイトにおいて観測された降水量と、そのサイトが欠測したと仮定し、周りのサイトで観測された降水量を用いて推定した降水量の比較を行う。Fig.4 にこの結果を示す。なお、相関をとる際に 0mm の値も含めて考えてしまうと、見かけ上相関係数が大きく出る可能性がある。そうした事態を避けるため、今回の研究では相関をとる際降水量 0mm のデータは除外して計算を行っている。

この図から読み取れるように、あるメッシュの降水量を周りから推定しようとしても、日降水量ならまだしも時間降水量となると精度が極端に落ちてしまう。言い換えると、この Mae Waang 流域において、内外挿によりメッシュデータを作成しても、1 時間の解像度にデータになるとあまり分布情報として信頼できない可能性があるということである。そしてこの結果は当然 AVE の結果にも影響を及ぼしうる。すなわち、正確な流域降水量分布情報が得られないために、流域平均降水量も自ずと誤差を含んでくる可能性があるということである。

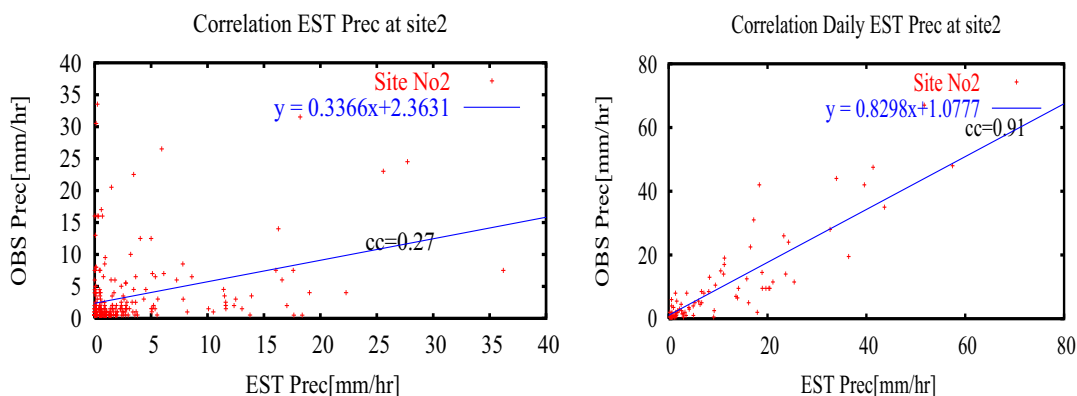


図4 観測降水量と推定値との相関 (左：時間降水量、右：日降水量)

ちなみに降水の空間分布情報を精度よく知るには、レーダー降水量データが最も効果的であると考えられるが、残念ながら解析対象期間中は Omkoi レーダーが故障していたため、データを使用できず、また 2007 年のデータもまだ利用できないため、降水分布の真値は未知数のままである。Fig.5 に示す Mae Waang 流域のレーダー画像例 (観測時刻は不明) に見

られるように、Mae Waang 流域の降水分布は非常に複雑な形状をしており、単純な内外挿ではこの形状を推定するのは非常に困難に思われる。2007 年はデータは存在はしているため、この 2007 年のデータが利用可能になるのを待って、降水の空間代表性なども含めた検討も進めていきたい。

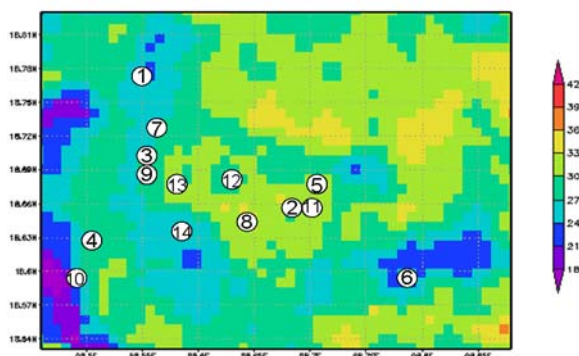


図5 Mae Waang 流域のレーダー降水量データ例

さて、上述のように FUL で作成したデータは空間分布的に真値であるとは言い切れないが、現状このデータが最も正確に流域降水量を表しているはずである。よって、このデータを基準として、次は MM5 降水予測値の精度について見ていく。Fig.6、Fig.7 に MM5 と FUL の Site No.2 における降水データの相関をとった結果、及び降水の時系列図を示す。

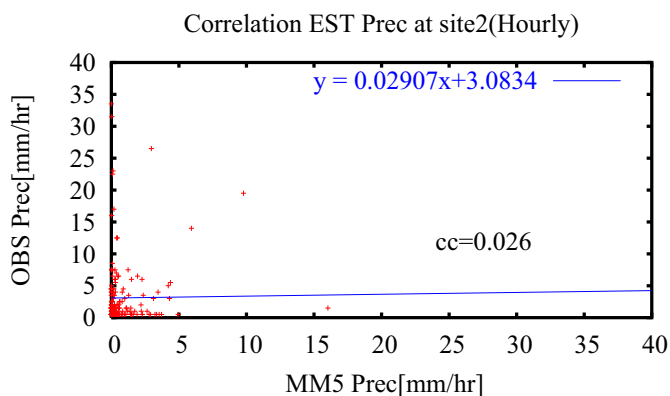


図6 Site No.2 における MM5 と FUL の降水量データの相関

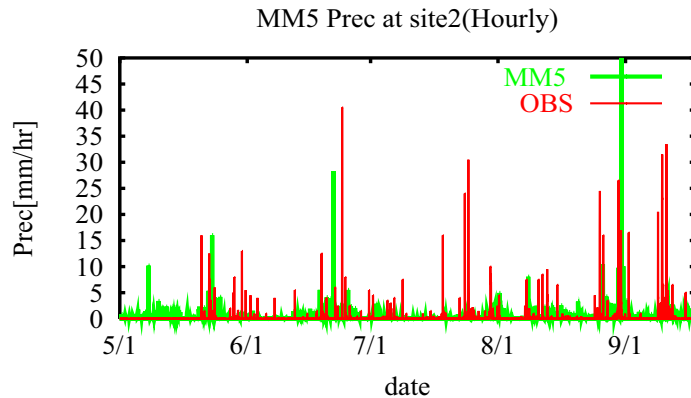


図7 Site No.2におけるMM5と現地観測降水量の時系列図

Fig.6に見られるように、MM5は発生しているイベントで過小評価をしていたり、時間がずれていたり、あるいはものすごく過大評価していたりと、Site No.2上での観測値という意味では十分とは言えない精度と考えられる。以上の考察をふまえて、次章では流出計算を行い、その結果についてさらに詳細に検討していく。

3.4 結果と考察

本章では流出計算の結果について述べる。まず最初に、MM5、FUL、AVEの比較をするため、MM5の出力値が存在する2005年5月1日から同年9月17日までを計算期間とした結果について述べることにする。Fig.8に全期間シミュレーション結果のハイドログラフ・ハイトグラフを、Fig.9、Fig.10に特に注目すべき2イベントに対する示す。なお、観測流量はタイ王立灌漑局（Royal Irrigation Department；以下RID）に提供していただいたHQ曲線を元に、GEOSS観測水位から変換した値を使用している。

3.3節で述べたように、MM5では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では、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、降水イベント毎に見てみると、例えば7月25日から7月26にかけてのイベントにおいては、洪水予測しているものの、予測流量は観測流量に比べてかなり小さくなっている。一方、7/31のイベントでは、予測流量は過大になっている。このように、GEOSS観測雨量を用いた流出予測では、洪水イベントの完全な空振りということはおこらないが、ピーク流量の絶対値にばらつきがみられる。ところで、実験AVEと実験FULの結果はほぼ同じである。このことは、P82地点の流量予測において、流域内の雨量分布はほとんど影響を及ぼさず、流域平均雨量でほぼ充分であることを意味するが、実験AVEと実験FULのいずれの場合も、観測流量に対して、予測流量が過大になったり過小になったりする可能性がある。流出モデルに問題がある場合、例えば常にピーク流量を低めに算定するなど、観測値

と予測値のずれに特徴が現れるが、このように 1 週間程度で起こる降水イベントに対する応答が逆になることを見ると、観測雨量から空間内挿して作成したグリッドデータの精度に問題があると考えられ、現在の GEOSS モニタリングシステムの観測密度を持ってしても、時間単位の流域平均雨量を正確に算出することができていない場合があることが示唆される。

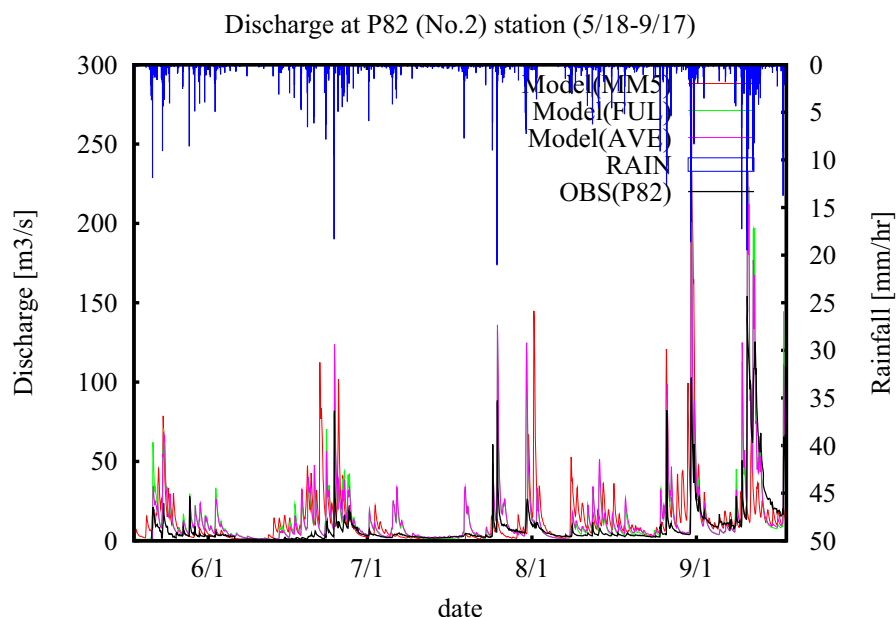


図 8 MM5、FUL、AVE の流出計算結果ハイドロ・ハイドログラフ

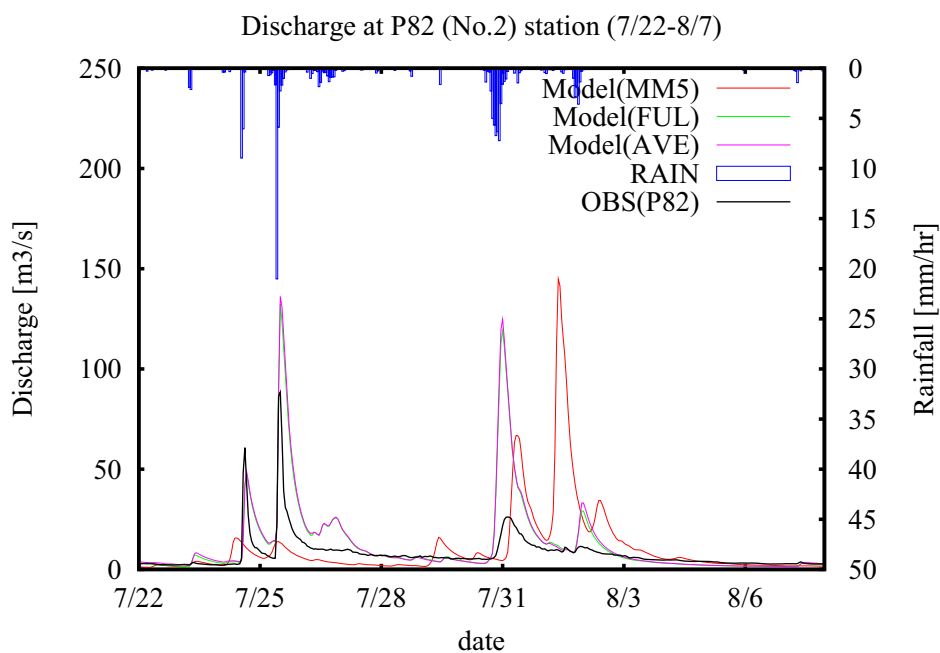


図 9 FUL の注目イベント 1 (7 月前半)

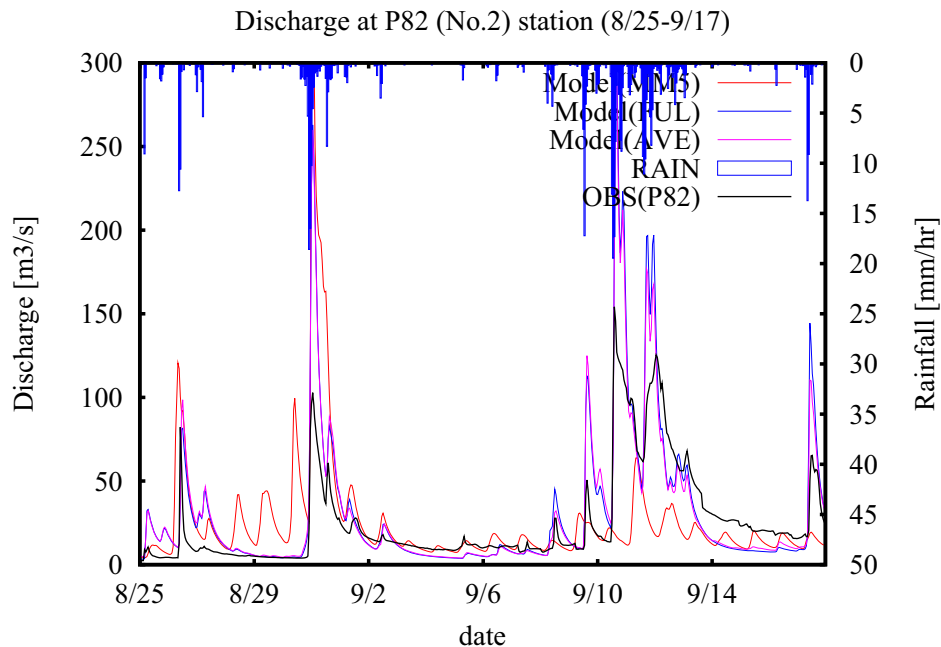


図 10 FUL の注目イベント 2 (8 月末から 9 月)

そして流域平均降水量を正確に捉えられていないから、9 月後半の流出イベントでこのように大きく流量の絶対値が外れるという出力がなされると考えられる。実際このイベントは Mae Waang 流域の危険流量である「P82 地点で 150 トン」という条件を満たすことになるので、このような過大推定が起こっても特に問題はなかったであろうが、このイベントでは FUL の絶対値が 2 倍近くの値になっている。これだけ大きく外れるとなると、本当は危険な水量に達することはないのに洪水の危険が高いと予測されてしまう確率が高くなってしまったため、実用上問題となる可能性が高い。このあたりの検討については、扱う降水データを FUL に限定し、もう少し解析期間を広げた結果を用いておこなっていく。以下に、解析期間を延長したシミュレーション結果について記す。

この延長したシミュレーションでは、解析期間は 2006 年 5 月 1 日から 2007 年 10 月 31 日までとしており、2006 年 9 月 17 日以降は MM5 出力値が存在しないため、このシミュレーションでは降水量以外の気象外力データは GEOSS 観測データを降水量同様に内外挿して作成したデータを用いることとする。Fig.11 に全期間のシミュレーション結果を、Fig.12 に注目すべき降水イベントのハイドログラフを示す。

赤線が FUL の結果を表しているが、やはり大体の降水イベントは捕らえられている。そして特に Fig.12 に見られるような大きな洪水イベントもしっかり予測できているが、一方で 2007 年 5 月のイベントは 2006 年 9 月のイベントと同様予測精度は今ひとつである。

予測精度がふるわない原因として、以下の 4 つの原因を考えた。

1. 降水量データがうまく算出されていない
2. 内挿法に不備がある

3. 分布型流出モデル HydroBEAM のキャリブレーションがうまくいっていない
4. P82 地点より上流で川が溢れたため、P82 地点では流量が低めに算定されている

これらの原因について、まず 1 はこれまで述べてきたことと同様であり、レーダー降水量分布を用いて検討していきたい課題として残っている。2 の内挿法については、従来は対象メッシュの周りにある観測値のうち、近くにあるものの重み付平均として一度に求めていたのだが、そうすると仮にひとつの観測所で集中豪雨などを観測した場合、その影響が大きく他のメッシュにも伝播してしまうため、それをさけるため、観測所と近くのメッシュの値は同様に内挿し、遠くの点については一度内挿して得た推定値を観測値とみなし、その値を用いて再度内挿する、という手法に改良した。この方法では、観測流量と推定流量のハイドログラフの相関がやや従来のものより改善したが、今述べているような大きな出水に関しては劇的な変化は得られていない。すなわち、内挿方法の問題ではなく他に原因があると考えられる。

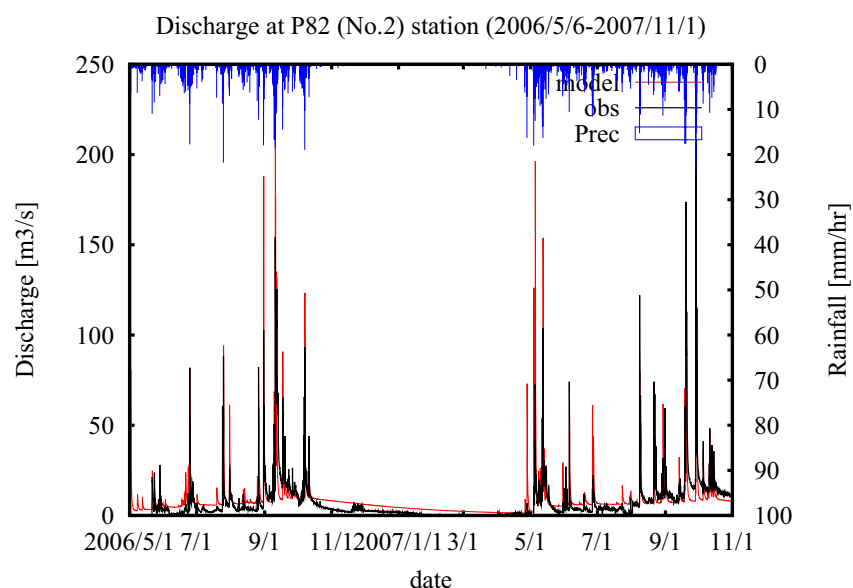


図 11 期間延長したシミュレーション結果 (全期間)

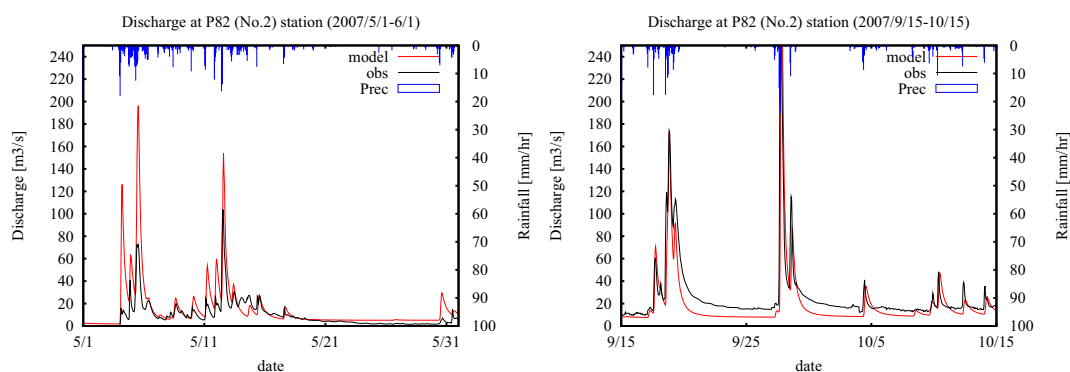


図 12 2007 年の注目イベント (左: 2007 年 5 月、右: 2007 年 9 月から同 10 月)

そして 3 だが、HydroBEAM のキャリブレーションのうち、特に流出に影響を与えうるパラメータ（流出係数や地下への透水係数）をいくつかピックアップし調整を行ってみたが、このイベントの改善にはいたっていない。最後に 4 だが、まず 2007 年 9 月に起こったこのイベントは、はるかに大きな規模の出水であるが、水はしっかり P82 地点を流れているため、上流部の疎通能をオーバーし水があふれたとは考えにくい。念のため上流の流量観測地点でのハイドログラフをチェックしてみたが、やはり観測流量自体がシミュレーション結果よりも小さな値となっており、水があふれた可能性は低い。（Fig.13）

以上のことから、流出に大きな影響を与える流域平均降水量を求めるために必要な、流域内の詳細な降水分布を推定する手法を考慮することが必要不可欠であることが示唆される。

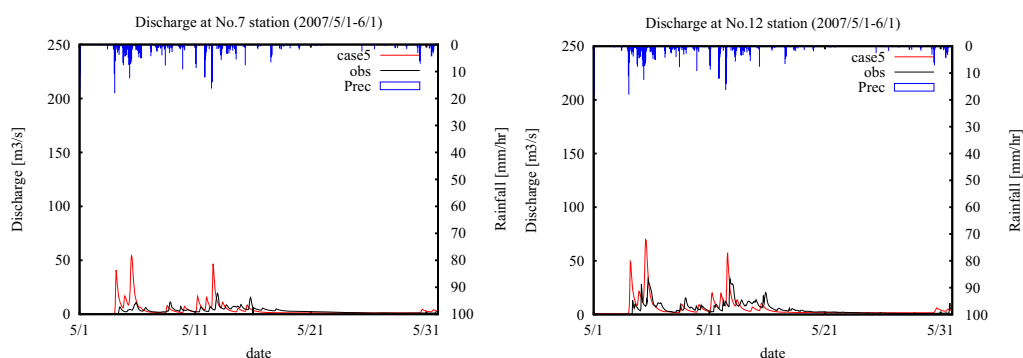


図 13 P82 上流部での流量ハイドログラフ（左：No.7、右：No.12）

3.5 まとめ

以上の考察より、まず現地観測データが流出予測に大きく貢献することが示された。また、この程度の流域では流域平均降水量が正確に算定されれば流出量を精度良く推定できることが分かったが、その推定については現状の高密度観測網を持ってしても困難が伴い、今後更なる検討が必要である。また、気象モデル MM5 は、このような細かい時間・空間スケールでの予測にはまだ十分な精度を確保できていないため、単純にモデルを用いて気象予測を行うにはさらに工夫を重ねることが必要であるといえる。

4. 衛星データ活用についての検討

2.3 で述べたように、Mae Waang 流域での降水の空間分布を把握するのは地上観測だけでは困難である。そこで本章では、同時に広域を捉え面的な分布情報を得ることのできる衛星データを利用し降水分布を把握することを考えた。

4.1 使用する衛星データについて

本研究では北タイ周辺部を広域的に捉えるため、静止気象衛星 MTSAT-IR を使用した。また、衛星から推定された降水量データとして JST CREST のプロダクトである GSMaP を利用した流出予測精度を検証した。

4.2 MTSAT-IR の活用法の検討

本研究では MTSAT-IR の IR1 による地表面輝度温度データを利用し、Mae Waang 流域における雲画像を用いることで、Mae Waang 流域における流出予測への適用を検討した。ま

ず最初に考えたことは、雲画像を利用した災害監視の更なる利用法である。

雲画像による監視では、Mae Waang 流域の降水システムは、流域外からの移流により起こるもののみならず、流域付近で突如雨雲が発生し、Mae Waang で降水が観測される場合もあり、このような場合には雲画像の監視のみでは、降水イベントの予測は困難である。そこで、Fig.14 に示すように、気象モデルの予測値と雲画像を対比してしてみる。

MTSATはこのイベントにおいて、Mae Waang 流域内で雨を観測していないことになっているが、このように広域を見てみると、少し流域からずれたところで降水が発生していることがわかる。このようなイベントで、もし MTSAT の雨雲が流域内を通過している場合には、ちょっと流域からそれたところで発生しているイベントを流域内で発生するようずらしてやれば、降水イベントの予測精度が高まるのではないかと期待される。

次に予測値ではなく、地上観測値と MTSAT による輝度温度との関係を調べた。ここでは、「強い雨の場合は雲長高度が高い」のではないかと推察し、輝度温度と降水量との相関を調べた (Fig.15)。しかしながら、相関係数は-0.2 程度にとどまり、この両者の間に直接的な相関はそこまで強くないことが分かった。

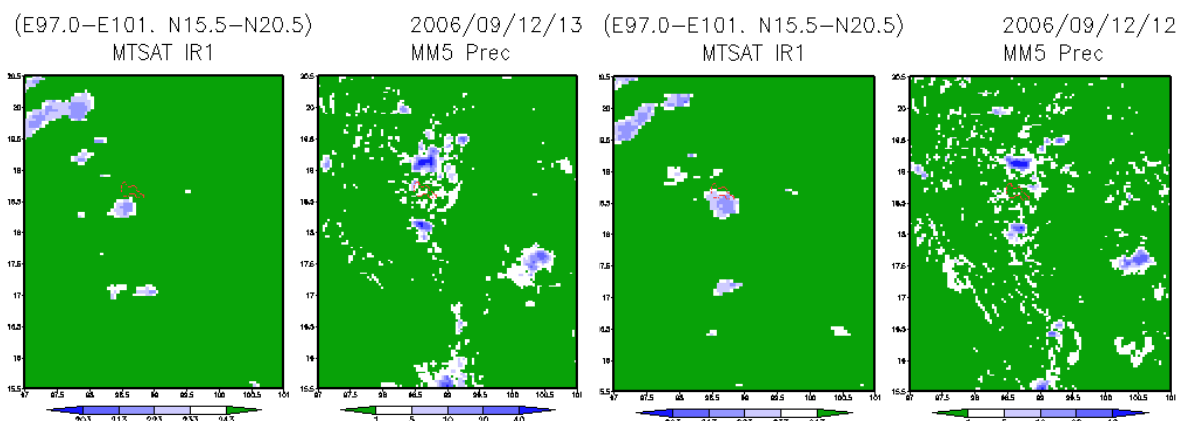


図 14 MTSAT の雲画像と MM5 降水予測値との比較 (2006 年 9 月 12 日 12 時-13 時)

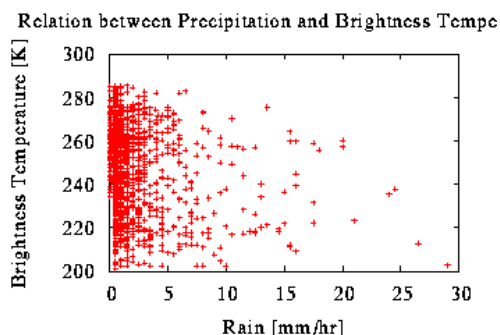


図 15 輝度温度と観測降水量の相関関係

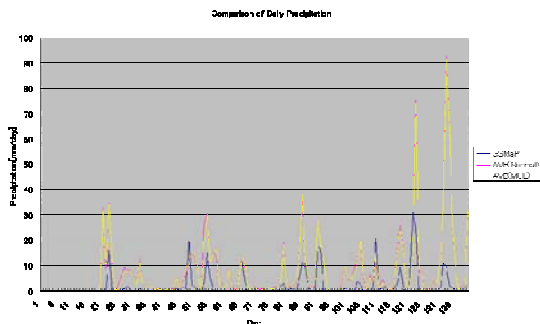


図 16 GSMaP の日積算降水量比較

4.3 GSMaP を用いた数値実験

現在 JST CREST により、GSMaP (Global Satellite Mapping of Precipitation) が進められており、衛星データより推定した全球スケールの高解像度降水量データがインターネットで無償配信されている。空間解像度は 0.1 度、時間解像度 1 時間のデータであり、速報値は現在 4 時間遅れの準リアルタイムで配信されている。様々な技術を集めて作られたこの高性能データセットを用いて、衛星データから流出予測を行う可能性について検討する。

まず、GSMaP プロダクトと GEOSS 観測降水量の日積算値の比較を行った。Fig.16 にその結果を示す。この図に見られるように、GSMaP 降水量のグラフは多くの降水イベントで反応を示しているものの、イベント毎の降水量の絶対値においては今ひとつの精度であるといえる。さらに、ランダムに降水量の絶対値が外れているわけではなく、全体的に過小評価をしてしまっているように見える。すなわち、Mae Waang 流域の降水の特徴である、短時間集中型の激しい降雨を捕らえられていない場合があるのではないかと推察できる。これらをふまえて、モデルを用いた流出計算を行い、GSMaP ベースの流出予測の精度について検討した。Fig.17 にその結果を示す。なお、このシミュレーションでは、他の気象外力は現地観測データを内挿して作成したデータを用いる。

この図に示されているように、多くのイベントでハイドログラフが反応していない。これは前述したように、降水量を過小評価しているためだと考えられる。また、こうまでハイドログラフの反応が見られないと言うことは、GSMaP はこのまま使用しても、流出予測についてそれほどの精度は期待できないといえる。言い換えると、何らかの補正を施して使用してやる必要があるということだ。

そこで、本研究では、ひとまず計算期間中の総降水量が現地観測の値と一致するよう、GSMaP に一律に補正を施してシミュレーションを行った。この補正は極めて粗い補正であるが、GSMaP の有効性を確かめるという点では意味のある補正である。補正結果と流出計算結果を Fig.18、Fig.19 に示す。補正後の降水量を見てみると、各イベントにおいて全体的に降水が多く算定されているが、ここから逆に GSMaP が大きな降水イベントを捕らえていることが言える。また、ハイドログラフの方は、やはり今度は降水を過大算定していることが多いせいか、流出を過大算定してしまっている。しかしながら、ハイドログラフは多くのイベントで反応しており、GSMaP は降水イベントを精度よく捕らえていると言える。

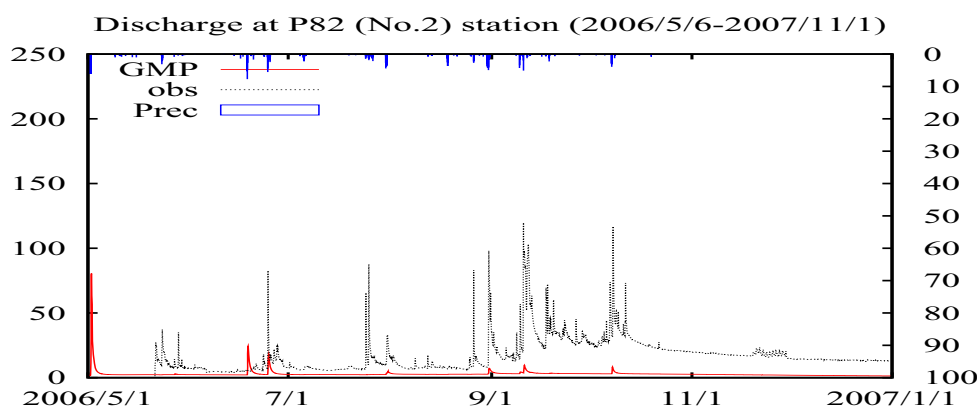


図 17 GSMaP データを用いたシミュレーション結果

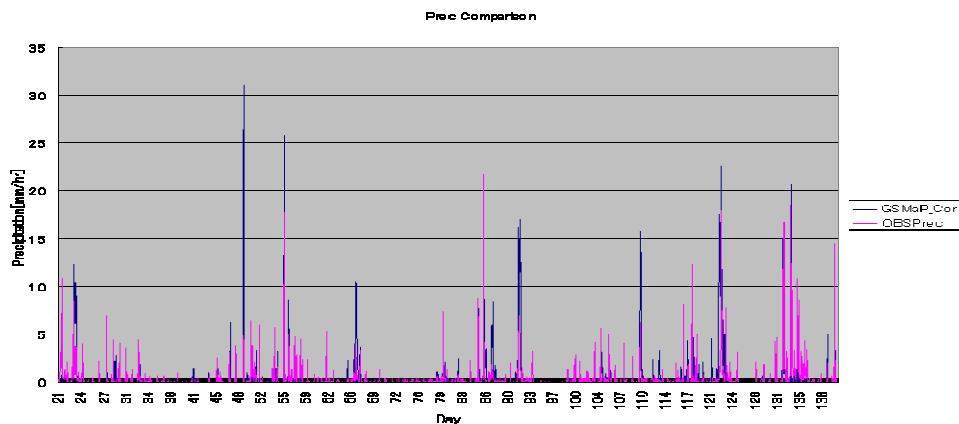


図 18 GSMaP の簡易補正後降水量と現地観測値との日降水量比較

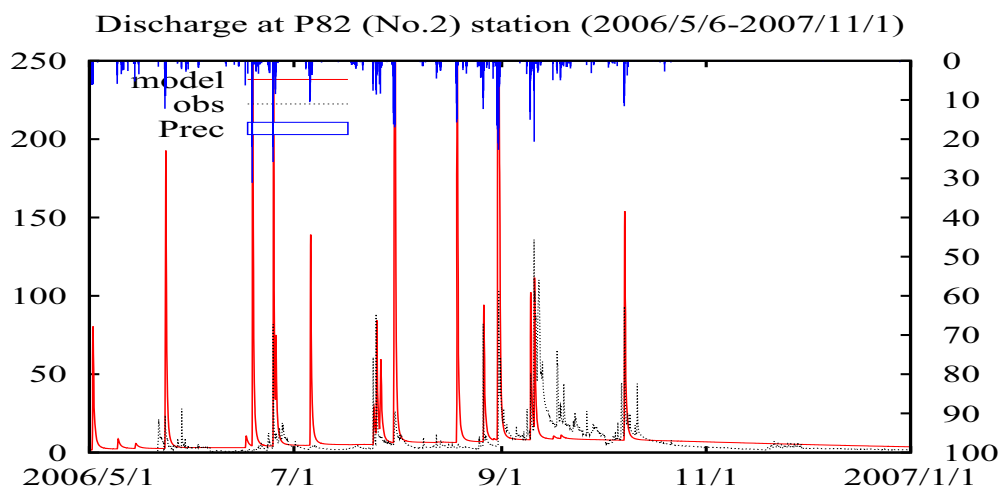


図 19 簡易補正を施した GSMaP を用いたシミュレーション結果

今は簡易な補正しか試していないが、もう少し詳細な補正を施すことで、GSMaP を用いたシミュレーションの精度も向上していくと期待される。

4.4 衛星データ利用のまとめ

今回用いた衛星データによる結果をまとめる。GSMaP は降水イベントを精度よく捕らえていると言えるものの、その絶対値の精度はまだ十分とは言えず、何らかの補正法を検討することで非常に役に立つと考えられる。また MTSAT は広域的な雲の情報を得られるため、そこから災害監視などに役立てることができよう。こちらは直接降水量推定に持つて行くことは難しそうであるが、GSMaP・MTSAT・現地観測の 3 種類のデータを併用することで、さらに高精度な降水量分布推定、さらに流出予測が行えるよう改良していくつもりである。

謝辞

本研究で使用した気象モデル MM5 出力値は、元東京大学研究員の Thanh 博士に提供していただきました。また衛星データである GSMaP データは JST-CREST/GSMaP のものを使用させていただきました。また流量観測値についてはタイ王立灌漑局より提供していただいた HQ 関係式を使用させていただきました。ここに感謝の気持ちを表します。

参考文献

- 井本昂志, 2008 : 気候変動による流域水環境応答特性の比較研究, 京都大学大学院工学研究科修士論文
- Kenji Tanaka, 2004 : Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction, doctoral dissertation, Kyoto University
- K. Okamoto, T. Iguchi, N. Takahashi, K. Iwanami and T. Ushio, 2005: The global satellite mapping of precipitation (GSMaP) project, 25th IGARSS Proceedings, pp. 3414-3416.
- K. Okamoto, T. Iguchi, N. Takahashi, T. Ushio, J. Awaka, S. Shige, and T. Kubota, 2007: High precision and high resolution global precipitation map from satellite data, ISAP 2007 Proceedings, pp. 506-509.
- T. Kubota, S. Shige, H. Hashizume, K. Aonashi, N. Takahashi, S. Seto, M. Hirose, Y. N. Takayabu, K. Nakagawa, K. Iwanami, T. Ushio, M. Kachi, and K. Okamoto, 2007: Global Precipitation Map using Satelliteborne Microwave Radiometers by the GSMaP Project : Production and Validation, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., Vol. 45, No. 7, pp.2259-2275.
- T. Ushio, K. Okamoto, T. Kubota, H. Hashizume, S. Shige, S. Noda, Y. Iida, K. Aonashi, T. Inoue, R. Oki, M. Kachi, N. Takahashi, and T. Iguchi, 2006: A combined microwave and infrared radiometer approach for a high resolution global precipitation mapping in the GSMaP project Japan, presented at the 3rd Workshop Int. Precipitation Working Group, Melbourne, Australia