

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○濱邊 良
 京都大学防災研究所 正員 池淵周一
 京都大学防災研究所 正員 田中賢治

1 背景と目的 陸面過程モデルSiBUC¹⁾は、これまで琵琶湖流域、中国淮河流域など、主に温帯地域で開発・検証されてきたが、今後進められる全球モデル(GCM)への導入に向けて、他の気候帯においてもモデルの性能評価をしておく必要がある。日本が中心となってアジアモンスーン域を対象として実施された気象水文観測計画(GAME)のデータセットが現在公開されており、本研究ではGAME-Tibetのデータを使用し、寒冷地におけるSiBUCの性能評価を行った。

2 陸面過程モデルSiBUC

2.1 SiBUCの概要 SiBUCが他の陸面過程モデルと異なる大きな点は、生物圏だけでなく都市・水体をも表現可能な点である。全球規模で考えれば、陸面の中で都市や水体の割合は小さく、従来の陸面過程モデルでは省略されてきた。しかしながら、これらの面積割合は小さくとも水・熱収支特性が植生地とは全く異なるため、都市や水体の影響が小さいとは言いきれない。また、今後大気大循環モデルの空間分解能も高くなるにつれ、陸面過程モデルの空間分解能も高くなることが望まれる。このような状況下で陸面過程モデルの精度を向上することを目的に都市・水体の効果を加え開発されたのがSiBUCである。

2.2 植生に関するモデルの変更点 Tibetの植生は、背の高い植生は存在せず、苔や地衣類、非常に背の低い草のみである。この場合、地面からのフラックスとキャノピーからのフラックスの輸送経路はほぼ同じであり、SiBUCの植生モデル(SiB)で採用されているような、キャノピー空間という概念や、そこを経由した熱・水蒸気輸送に関する空気力学的抵抗の接続関係(図1)が意味をなさない。そこで、キャノピーから参照レベル、地面から参照レベルまでの空気力学的抵抗を統一し、キャノピー空間の値を介さず、直接キャノピー、地面と参照レベルを接続する(図2)。

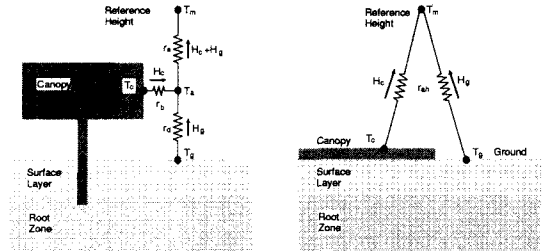


図1: 顕熱フラックスの輸送経路(木の場合) 図2: 顕熱フラックスの輸送経路(草の場合)

2.3 寒冷地でのモデルの表現 積雪・融雪過程はSiB2²⁾のsnow processがベースになっている。すなわち、積雪層は1層で表現されており、圧密過程(積雪密度の変化)は考慮されていない。また、地表面及びキャノピーに蓄えられる遮断降水は、液相と固相の共存を許していない。モデル内では、放射過程、フラックスの計算、偏微分項の計算、降水遮断過程、温度の予報を行う際、積雪・融雪過程が考慮されている。

土壌水分の凍結による効果を透水係数の減少という形で反映させているが、凍結効果は地温から判定しているにすぎず、土壌水分の相変化による熱の出入りを考慮した結果求めているわけではない。温度は表面と地中の2層、土壌水分は3層で表現されている現在のモデル構造では、土壌水分の凍結・融解過程を扱うことができない。

3 データセットの作成 GAME-Tibetデータセットを用い、気象強制力及び検証用データを準備した。夏期のシミュレーションは、気象強制力が全て揃っており、かつ、検証用データとして、顕熱・潜熱フラックスが観測されている地点(Amdo・Naqu)を対象とした。GAME-Tibetデータセットには冬季の降水量が含まれていないため、冬季のシミュレーションではNCDC(National Climatic Data Center)の日降水量データを使用することにし、AWS(Automatic Weather Station)で日射が観測されている地点の中でNCDC降

水量観測点に最も近い Tuotuohe 地点を対象とした。上記の地点で、8 時間以内の欠測を線形内挿で補間し、このうち 20 日間以上連続でシミュレーション可能な期間 (Amdo 地点: 1998 年 6 月 15 日~7 月 24 日、1998 年 7 月 25 日~8 月 31 日、Naqu 地点: 1998 年 7 月 5 日~7 月 26 日、Tuotuohe 地点: 1997 年 8 月 18 日~1998 年 7 月 15 日) においてシミュレーションを行った。ただし、Tuotuohe 地点では気象強制力のうち下向き長波放射が不足していたので、日射量等から推定した。

4 シミュレーション結果と考察 Amdo 地点・Naqu 地点においては、期間が夏期であるため積雪・融雪、土壌水分の凍結・融解過程が起こらず、概ね良い精度で表現できた。表 1、表 2 にそれぞれの要素の相関係数、最小二乗誤差 (時間平均値) を示す。

表 1: Amdo 地点における相関係数・最小二乗誤差 (ただし、左が前半期間、右が後半期間)

	相関係数	最小二乗誤差 (単位)
純放射	0.98, 0.99	45.3, 31.5 (Wm^{-2})
上向き短波放射	0.98, 0.99	12.3, 7.90 (Wm^{-2})
上向き長波放射	0.89, 0.92	33.8, 31.6 (Wm^{-2})
顕熱フラックス	0.83, 0.82	45.0, 27.1 (Wm^{-2})
潜熱フラックス	0.75, 0.80	68.2, 77.9 (Wm^{-2})
貯留熱	0.79, 0.83	62.7, 57.3 (Wm^{-2})
地表面温度	0.95, 0.96	5.0, 4.83 ($^{\circ}\text{C}$)

表 2: Naqu 地点における相関係数・最小二乗誤差

	相関係数	最小二乗誤差 (単位)
純放射	0.99	40.8 (Wm^{-2})
上向き短波放射	0.98	10.1 (Wm^{-2})
上向き長波放射	0.93	32.5 (Wm^{-2})
顕熱フラックス	0.88	21.7 (Wm^{-2})
潜熱フラックス	0.93	40.8 (Wm^{-2})
地表面温度	0.96	3.35 ($^{\circ}\text{C}$)

しかしながら、Amdo 地点の前半期間の始めにおいて地表面温度の精度があまり良くなく、日中の値が過小評価となった。この期間において、Amdo 地点では植生の著しい変化が起こっている。前半の地表面状態は、枯れた草に覆われているため、植物の葉面積 (LAI)、被覆率 (V_c) は高いが蒸散をほとんどしていない。後半は、LAI も V_c も高く蒸散を活発に行っている。LAI と V_c のデータは現地計測されていることは少なく、モデルでは衛星観測による NDVI の値から植生の季節変化 (フェノロジー) が表現されている。蒸散をほとんどしていない (NDVI の低い) 期間におい

て、実際には V_c も LAI も比較的大きな値とすべきであるが、NDVI のみからこれらを算出する現状ではそれは不可能である。さらに、キャノピー温度の日変化幅に大きな影響を及ぼすキャノピーの熱容量は LAI に比例するように与えられているが、実際には枯れている状態では非常に熱容量は小さくなる。このことがモデルでは表現されていないので、枯れている葉が存在する場合の再現性がより困難となっている。

Tuotuohe 地点において、地表面温度の相関係数、最小二乗誤差 (日平均値) は、それぞれ、0.98、3.50 ($^{\circ}\text{C}$) である。冬季の蒸発を抑制し土壌水分を保つため地表面抵抗を大きくしたが、蒸発を完全には抑制できなかったため、翌年の春の土壌水分量は過小評価となった。なお、このために夏期に地表面温度が過大評価 (図 3 参照) となったが、その後については地表面温度の再現性は良い。また、土壌水分の融解・凝固熱を考慮していないために、地中温度は冬季に過小評価、春から夏に過大評価 (図 4 参照) となった。

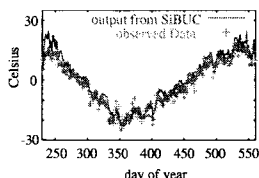


図 3: Tuotuohe 地点における地表面温度の日平均値の比較

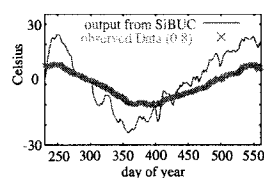


図 4: Tuotuohe 地点における地中温度の日平均値の比較

5 結論

夏季のチベット高原において、SiBUC の再現性はおおむね良好であるが、枯れている葉の存在する場合には NDVI のみから V_c を算出する方法に限界があることが確認された。また凍土地帯において 1 年を通して正確に温度を予報するためには、土壌水分の相変化による熱の出入りを考慮する必要があることが確認された。

参考文献

- 1) 田中賢治・池淵周一, 1994: 都市域・水体をも考慮した蒸発散モデルの構築とその琵琶湖流域への適用、京都大学防災研究所年報、第 37 号 B-2, pp. 299-313.
- 2) P.J.Sellers, D.A.Randall, G.J.Collatz, J.A.Berry, C.B.Field et al., 1995: A Revised Land Surface Parameterization (SiB2) for Atmospheric GCMs. Part I: Model Formulation J.Climate., 9, 676-705.