



モンゴル半乾燥地における 陸面モデルの適用

筑波大学陸域環境研究センター

浅沼 順

筑波大学環境科学研究科修士課程

福井秀典



乾燥・半乾燥気候の水収支

❁ 乾燥・半乾燥気候の水資源

- ❁ 表流水なし。主に地下水に依存。
 - ❁ 地下水はどこから？涵養量＞使用量でなければ、非持続的
- ❁ 持続的か？人口増を支えられるか？
 - ❁ モンゴル：現在260万人→420万人（2020年）

❁ 地表面水収支式

- ❁ $P = E + \Delta S$
- ❁ $P = E$ か？
 - ❁ P のほとんどが蒸発量（ E ）へ，ごくわずかが土壌（ ΔS ）へ（ $\Delta S \ll P, E$ ）
 - ❁ 長期的に $\Delta S > 0$ ならば地下水涵養。
 - ❁ 長期的に $\Delta S \sim 0$ ならば，持続しない社会
- ❁ P, E ともに変動大きい。

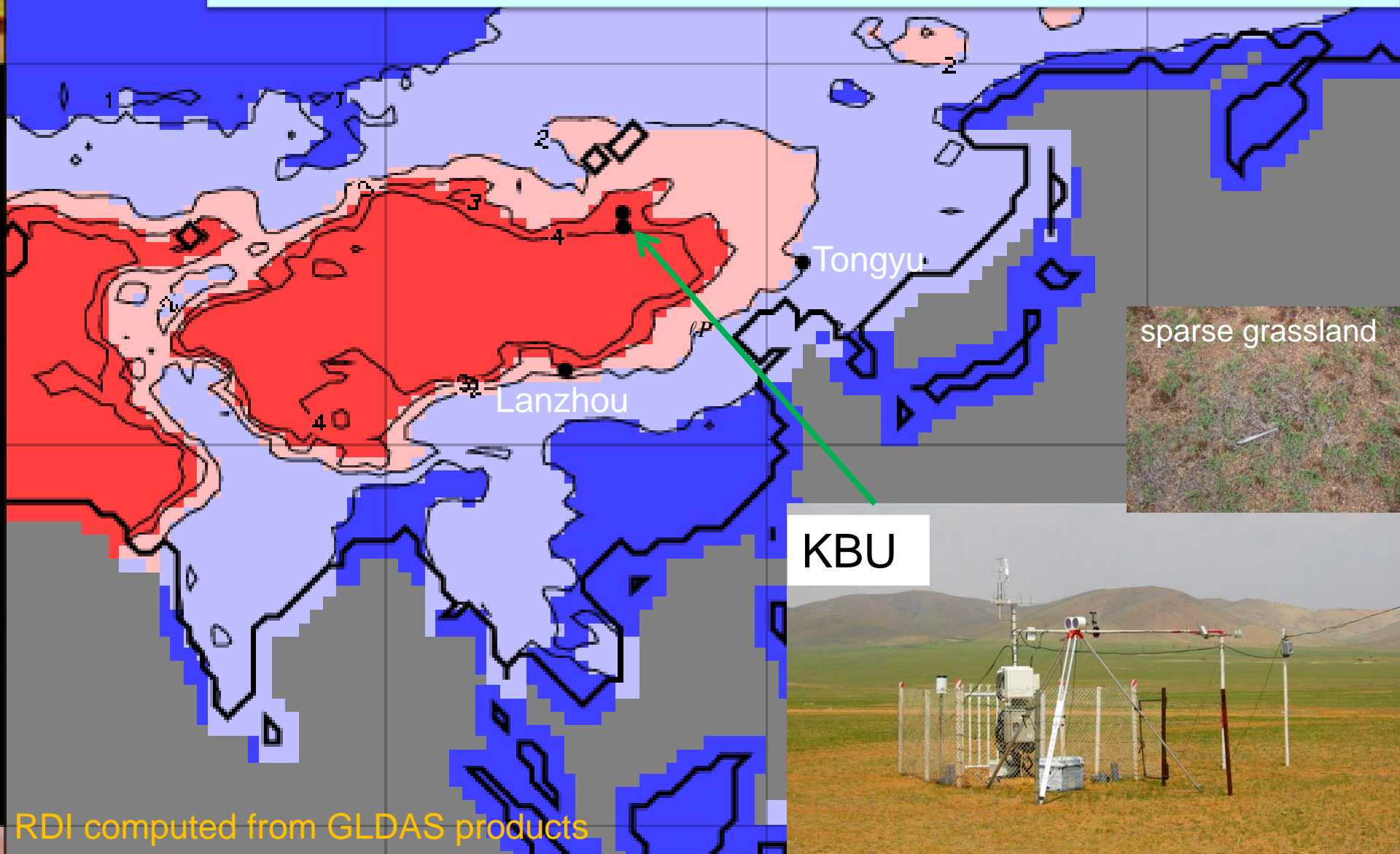
Observer

Radiative Dryness Index (by Budyko) $RDI = Rn / \ell P$

how much energy is available to evaporate all of precipitation ?

0-1 : tropics, forest in mid-latitude, 2-3 : semi arid, 3< : arid

computed from GLDAS products





目的

- ❁ 乾燥・半乾燥地域の陸面水収支を支配要因は？
 - ❁ 定常的に $P=E$ か？
 - ❁ $\Delta S \neq 0$ となる条件は？
 - ❁ > 土壌水分メモリーとも関連
- ❁ 地上観測値による解析
- ❁ 陸面モデルによる感度実験

Kherlenbayaan Ulaan(KBU)

観測概要

渦相関法

Kaijo SAT-540

Licor LI7500

放射 4 成分

Kipp&Zonen CNR1

温湿度

Vaisala HMP45D

条件

寒冷・半乾燥

年平均気温：1.2℃

年降水量：200mm／年

植生

均一な草地

平均草丈：0.1-0.2m

LAI: 1以下

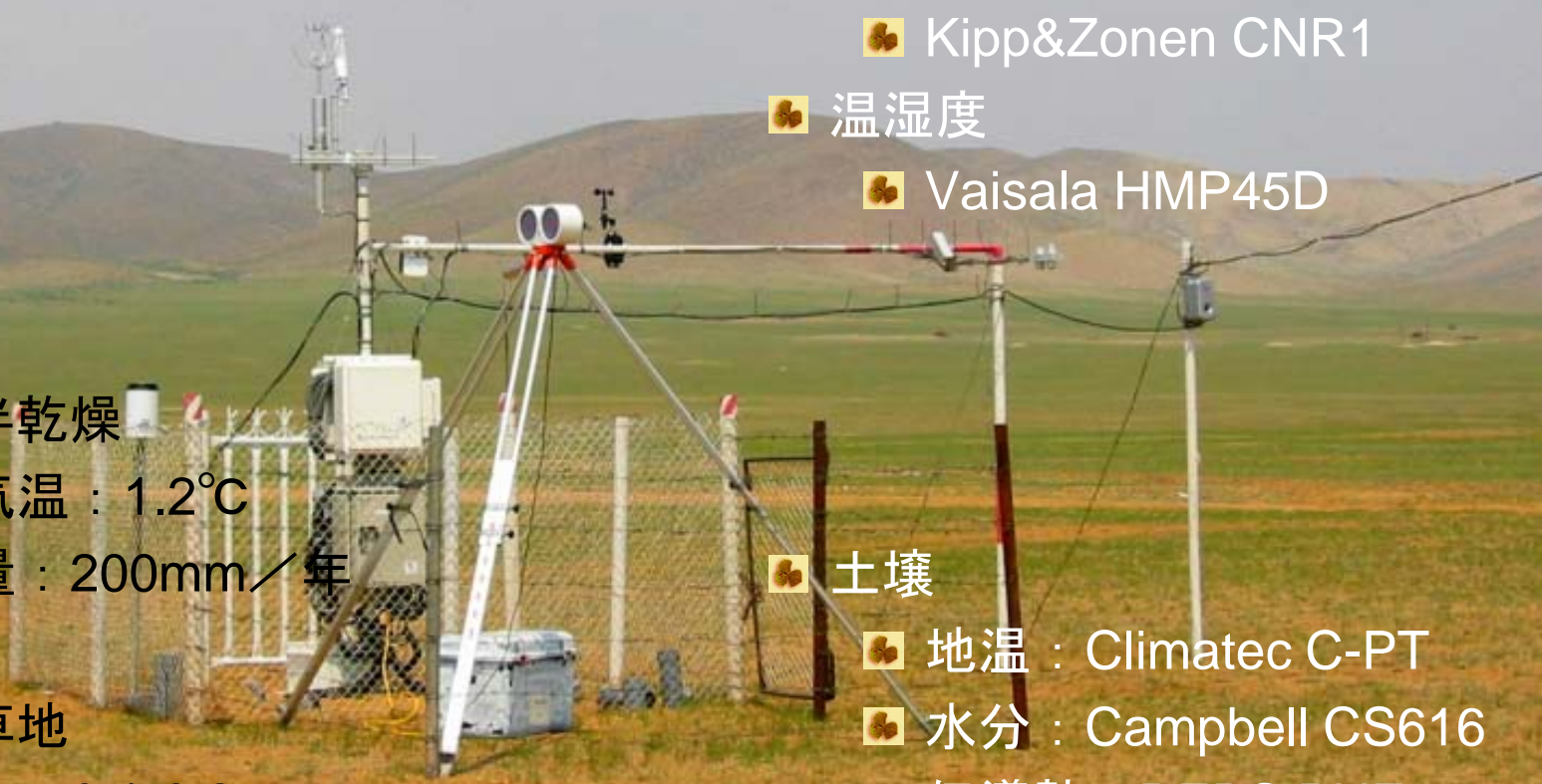
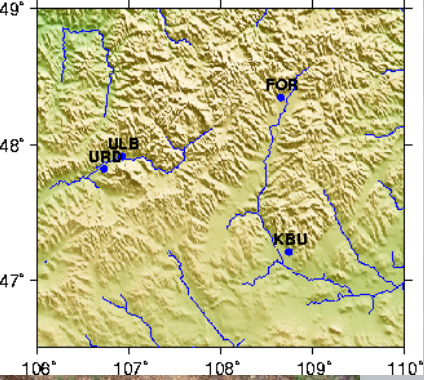
土壌

地温：Climatec C-PT

水分：Campbell CS616

伝導熱：REBS PHF-1.1

電源： 商用電源





観測から



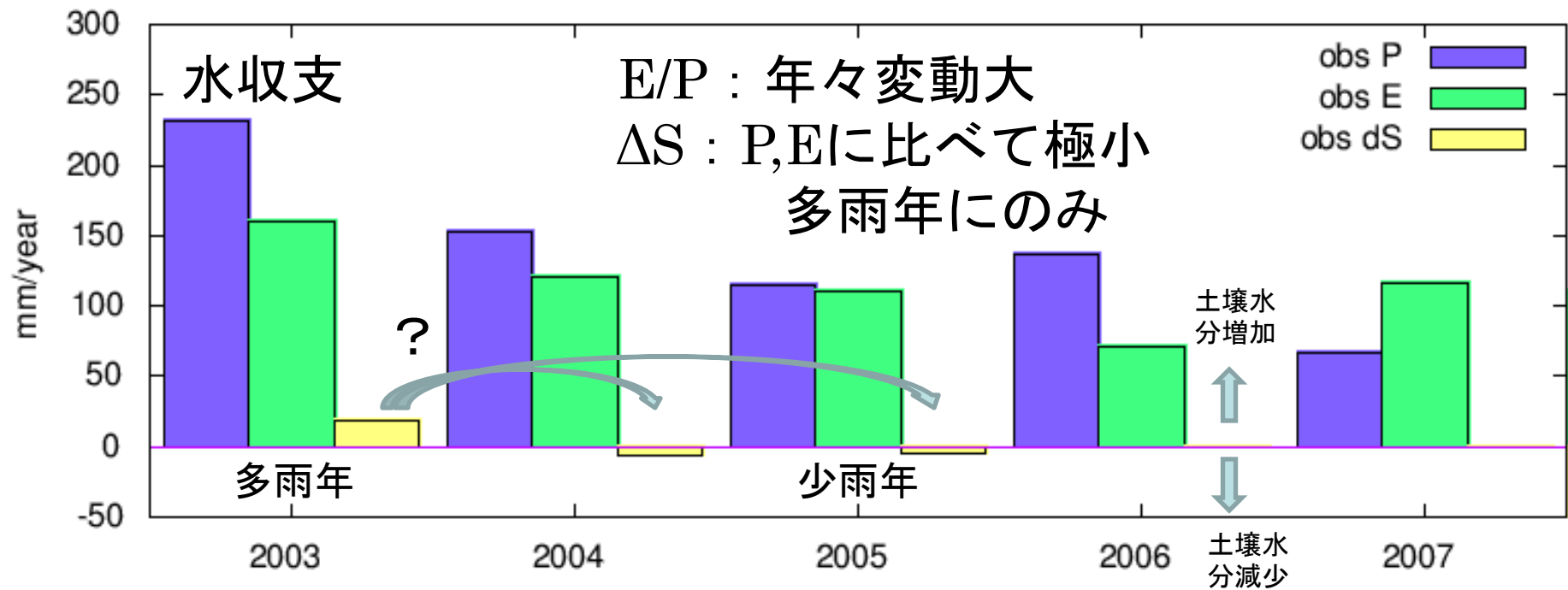
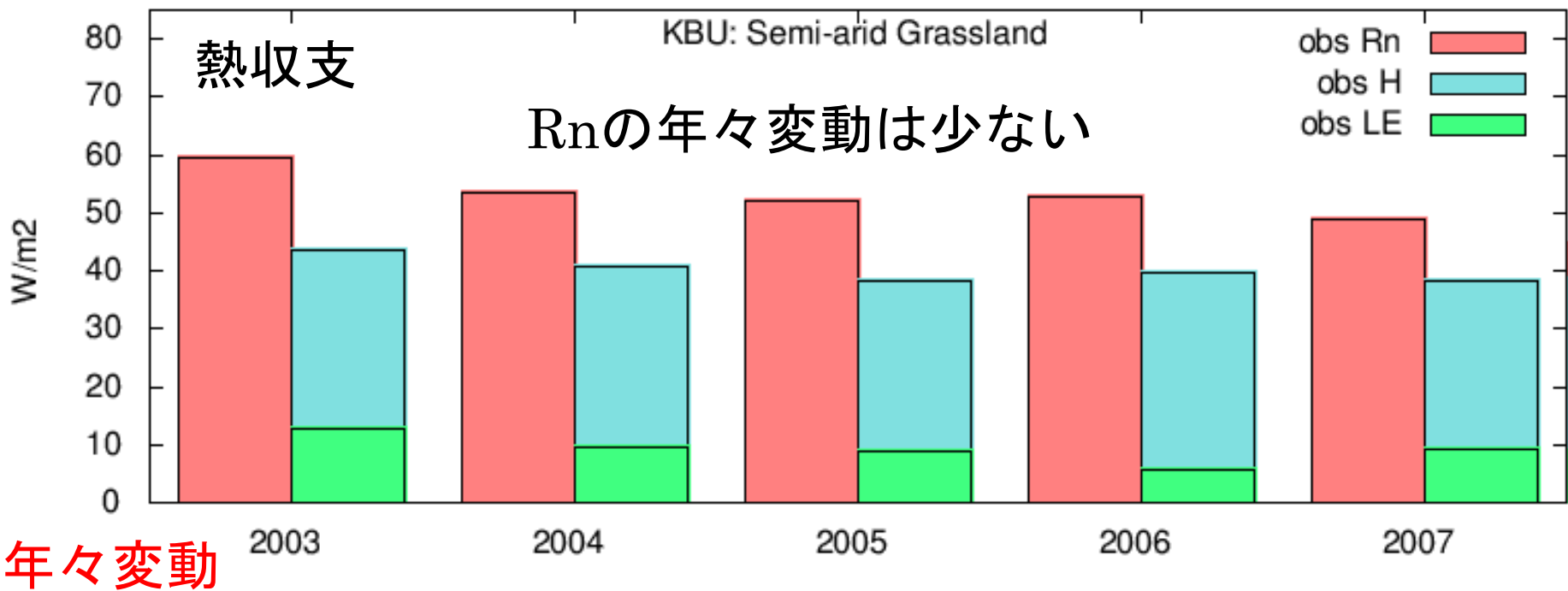
年単位の地表面熱・水収支

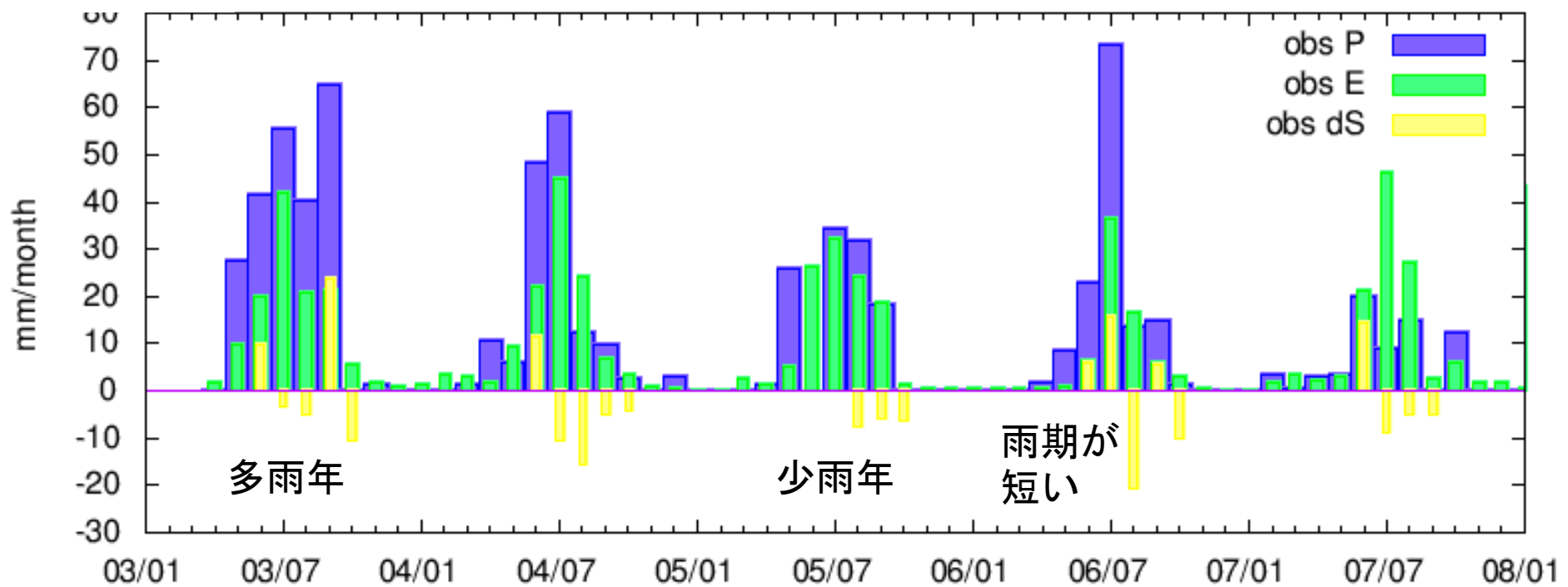
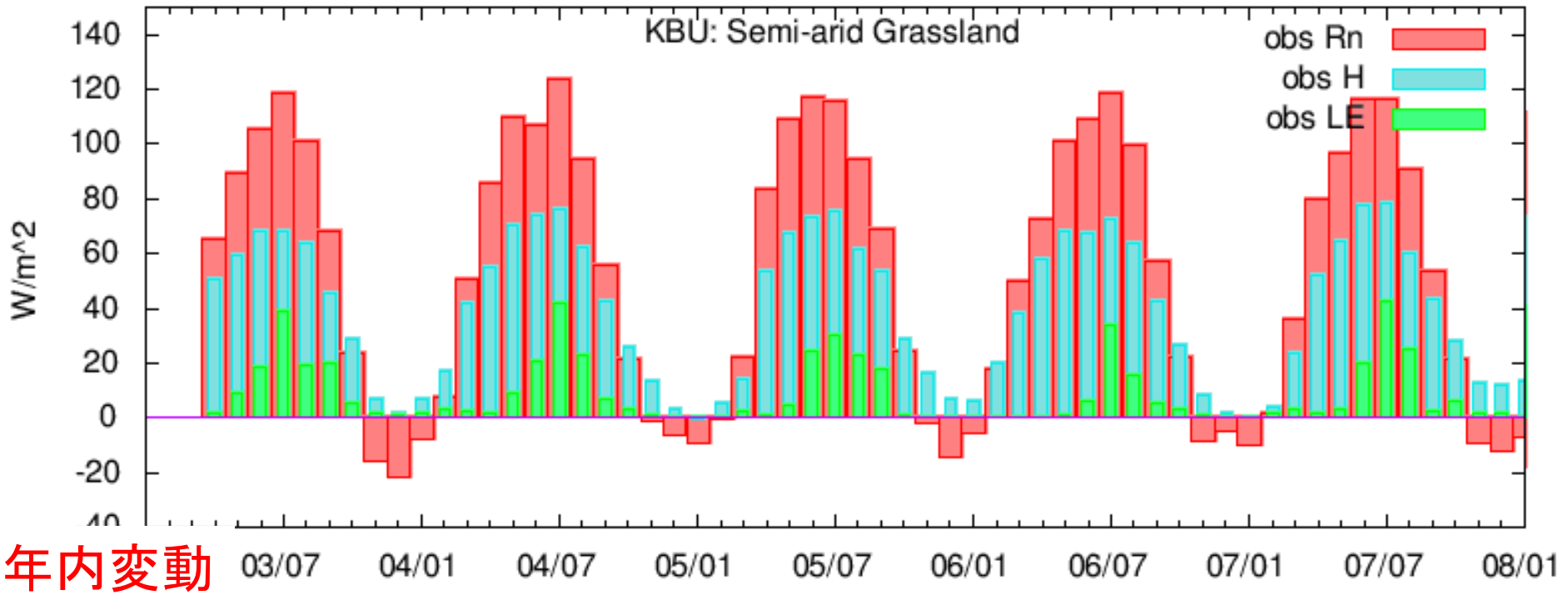
✳ 熱収支

- ✳ 放射収支： 4 成分放射計
- ✳ 顕熱，潜熱： 渦相関法（インバランスによる過小評価あり）

✳ 水収支

- ✳ 降水量 P ： 雨量計（過大評価？）
- ✳ 蒸発量 E ： 渦相関法（過小評価）
- ✳ 土壌水分変化 ΔS ： 土壌水分計(1.5mまで)







観測まとめ

✳ 年々変動

- ✳ 多雨年に $\Delta S > 0$ ，その後 $\Delta S < 0$ か？
 - ✳ （土壌水分メモリー？）
- ✳ 少雨年に $\Delta S < 0$

✳ 年内変動

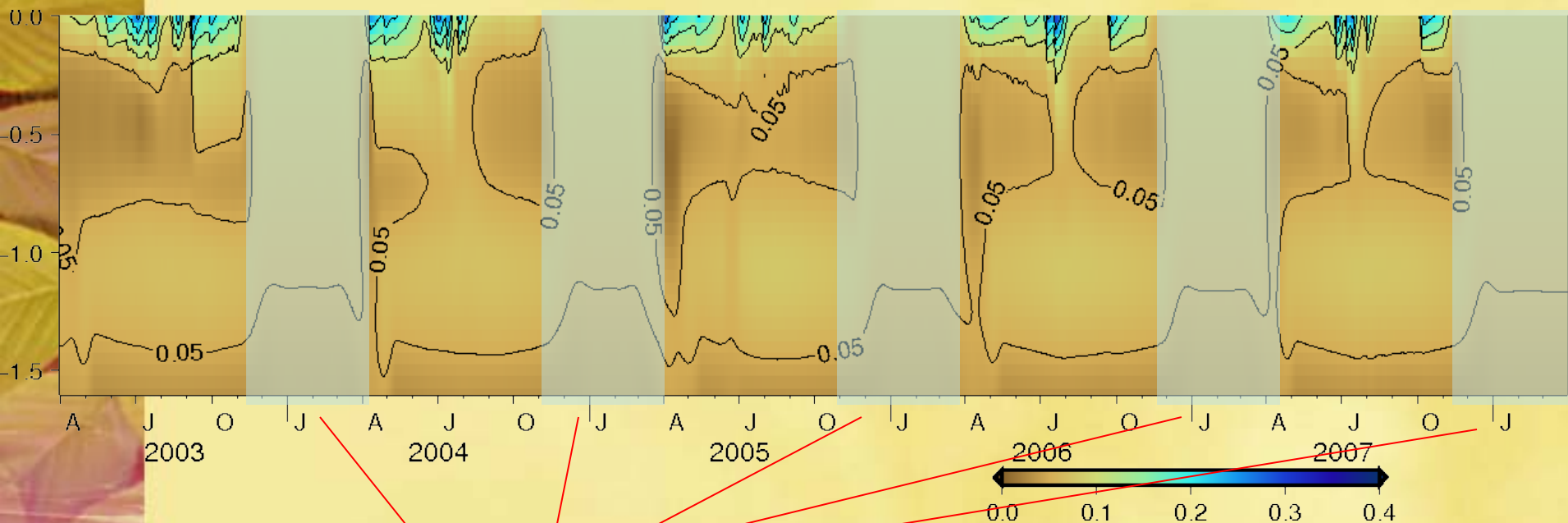
- ✳ 多雨月に $\Delta S > 0$ ，その後 $\Delta S < 0$ か？

✳ 問題点

- ✳ 土壌水分メモリーがどの程度持続しているか？
- ✳ ΔS は観測誤差の範囲内



土壌水分の鉛直時間断面



冬季は欠測

- ・ 土壌水分が越年している？
- ・ 土壌水分の年々・年内変動は， 1 m程度まで
それより深くは浸透しない（地下水涵養なし）
- ・ 観測に限界あり＞モデルを用いた解析へ



モデル研究



モデル概要:

Community Land Model ver.3

- ✳ NCAR-CCSM(GCM)の陸面モデル
- ✳ 複数の既存のモデルを統合
 - ✳ BonanのLSM
 - ✳ BATS
 - ✳ Institute of Atmospheric Physics, CASのLSM (IAP94)
- ✳ LDAS(陸面同化システム)などで使用



モデル概要2: プロセス構成

❁ 地表面フラックス

- ❁ 蒸散: コンダクタンス型
- ❁ CO_2 : PAR, 酵素, 光合成能力

❁ 土壌・積雪プロセス

- ❁ 10層、浸透方程式 (土壌)

❁ 水文プロセス

- ❁ 表面流出・浸透プロセス

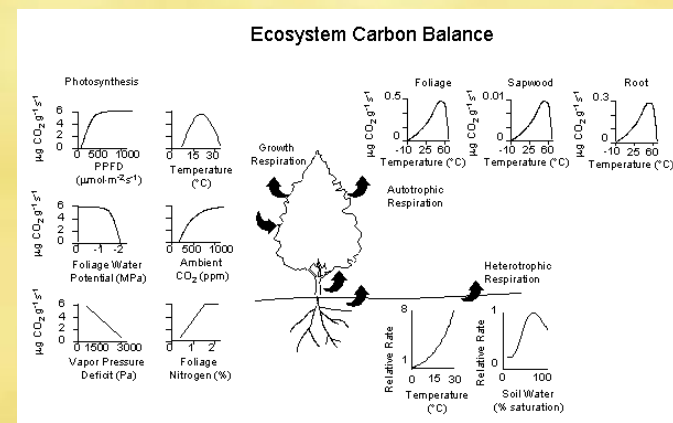
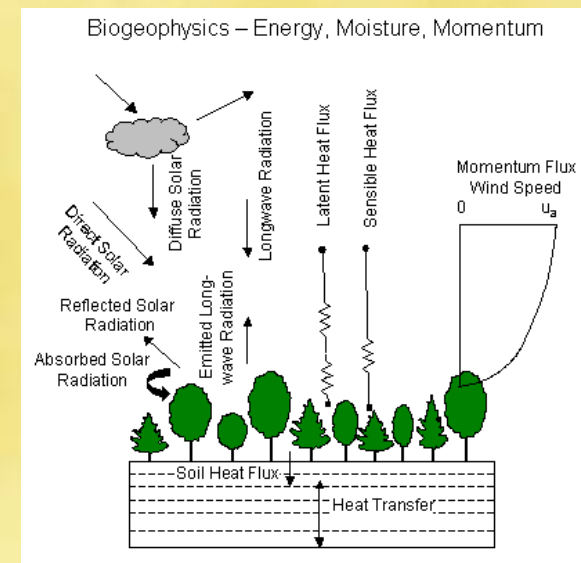
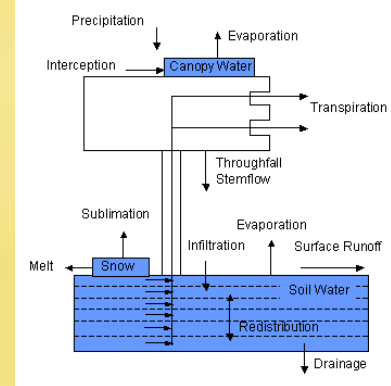
❁ 放射

- ❁ キャノピー内の放射伝達モデル

❁ DGVM

❁ bVOC

❁ 生化学モデルなども





モデルの概要3: (サブグリッドプロセス)

グリッドセル

1つのグリッドセル上に複数のPFT(Plant Function Type : 植生機能タイプ)を設定できる

PFTs(例)



PFTは機能に応じた植生を分類。
(例：針葉樹、落葉樹、常緑樹、草地)

カラム (土壌, 積雪)

植生の下にカラム (土壌, 雪) が存在, 土壌は
10のレイヤー (層)



計算条件、入力データ

計算期間： 2003.4 – 2008.4 (5年間)

適用場所： KBU

植生： C3草原100% (static)

フォーシング： 観測値 (気温、風速、湿度、日射etc)

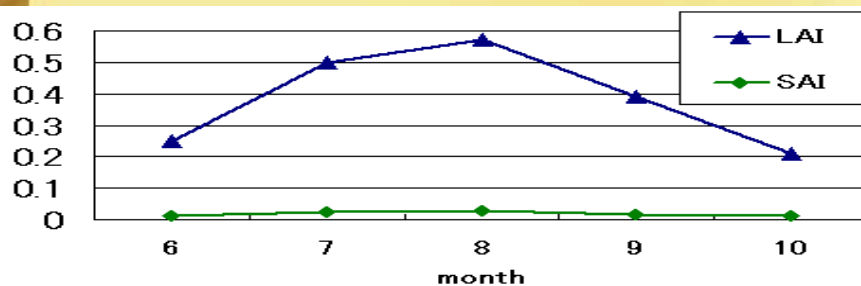
パラメータ	数値
土壌の色	6
月平均のLAI,SAI	図を参照
キャノピーの高さ (top, bottom)	
土壌の粒径構成比	
運動量粗度	
ゼロ面変位	0.21 ($\times 10^{-2}$ m)
葉の大きさ	0.04 (m)
根の分布	a=11, b=2
25°Cにおけるカルボキシル化の最大値	43
量子効率	0.06
葉の反射率 (可視光、近赤外)	vis=0.11, nir=0.58
茎の反射率 (可視光、近赤外)	vis=0.36, nir=0.58
葉の透過率 (可視光、近赤外)	vis=0.07、nir=0.25
茎の透過率 (可視光、近赤外)	vis=0.22、nir=0.38
葉の角度	-0.3

観測値

小島 (2004)

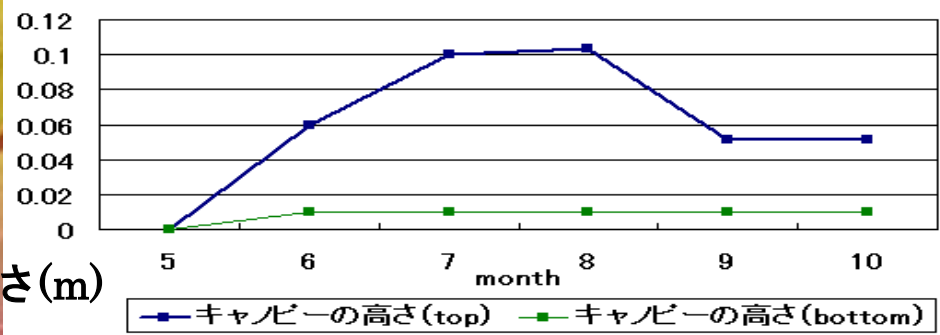
Hoshino(2006)

Bonan et al
(2002a,b)のデータ
をそのまま使用



・ LAI, SAI

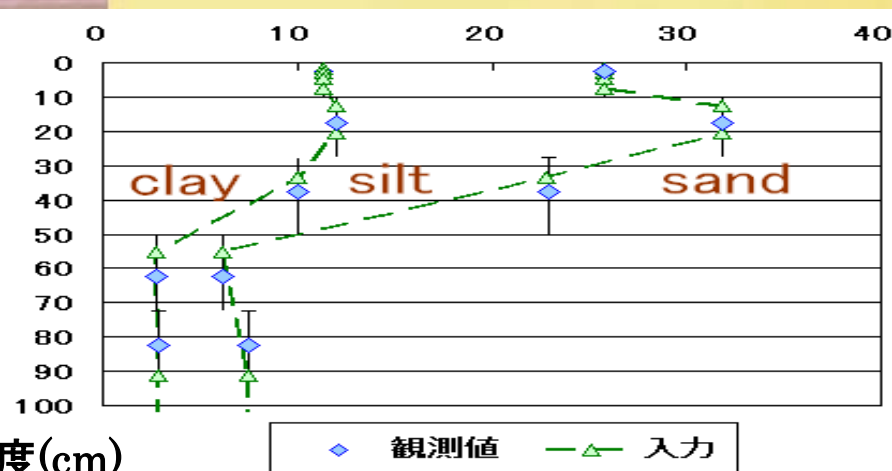
小島 (2004)による地上観測をもとに作成



・ キャノピー高さ

高さ(top)は観測値

キャノピー高さ(bottom)はBonan et al (2002)

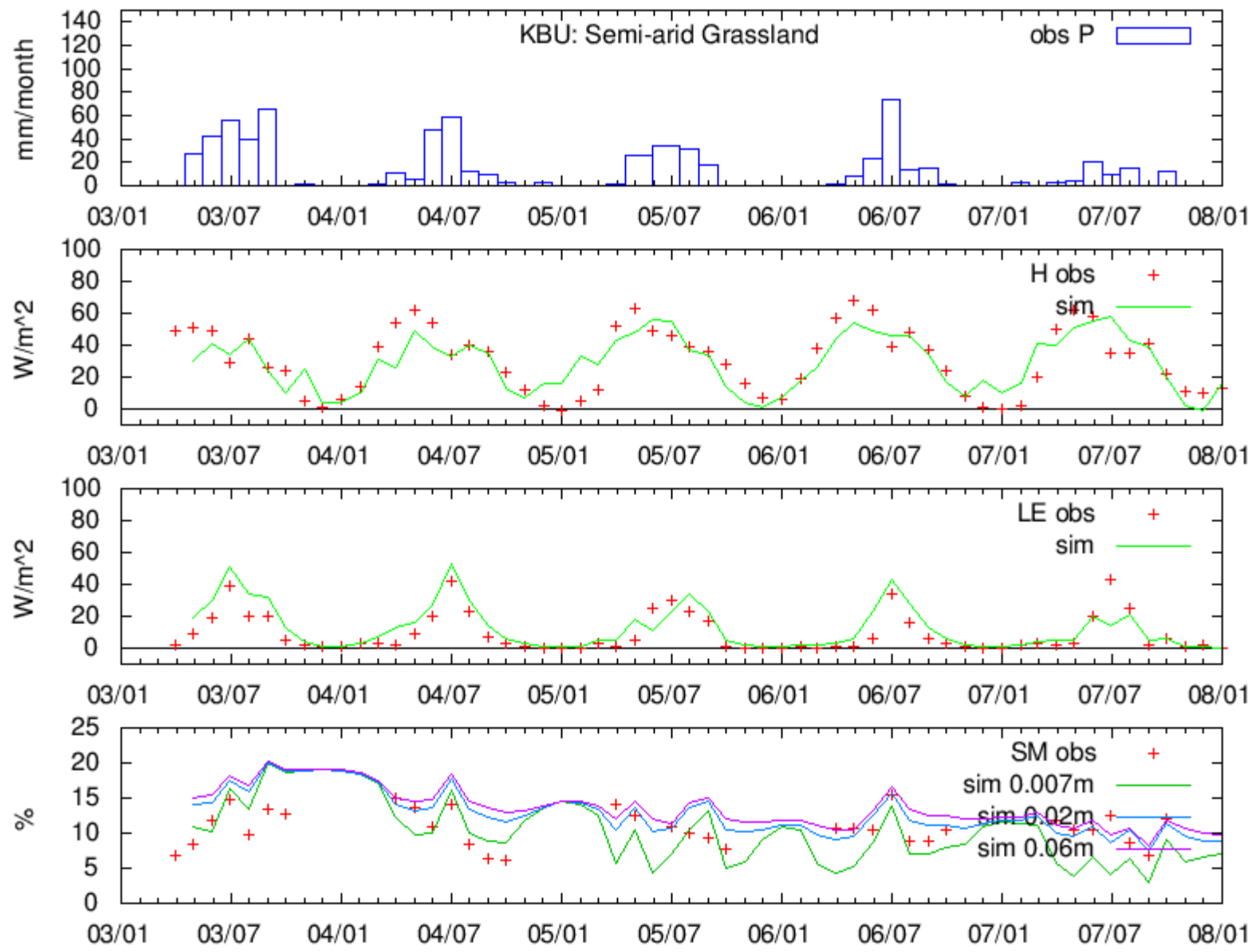


・ 土壌の粒径構成比 (%)

入力は観測値(Hoshino,2006)をCLMの深度に合わせて作成

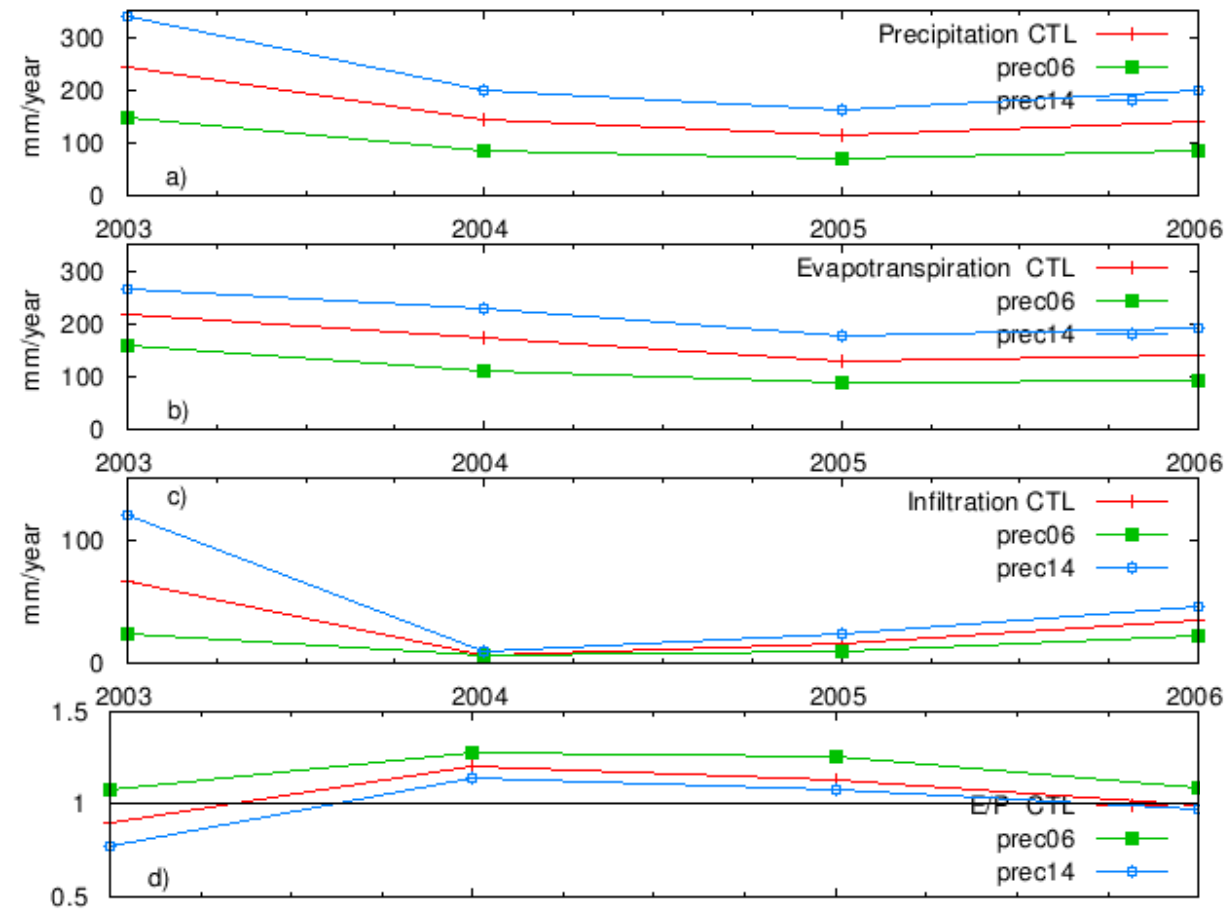


観測による検証： 月単位





感度分析：総降水量

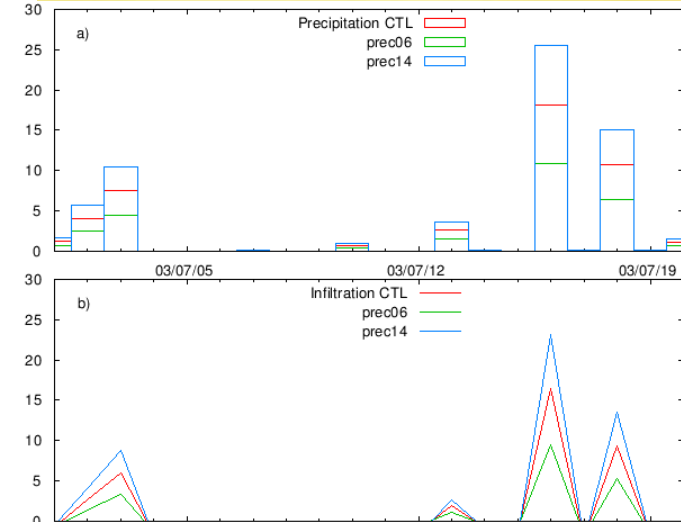


降水量 $\times 0.6$

CTL

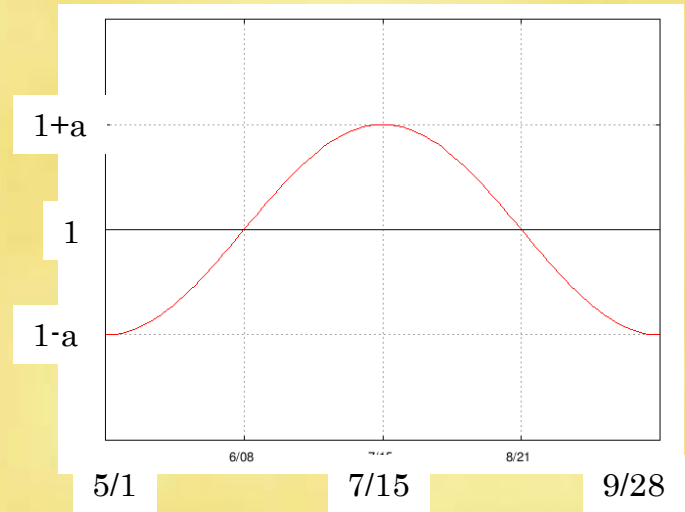
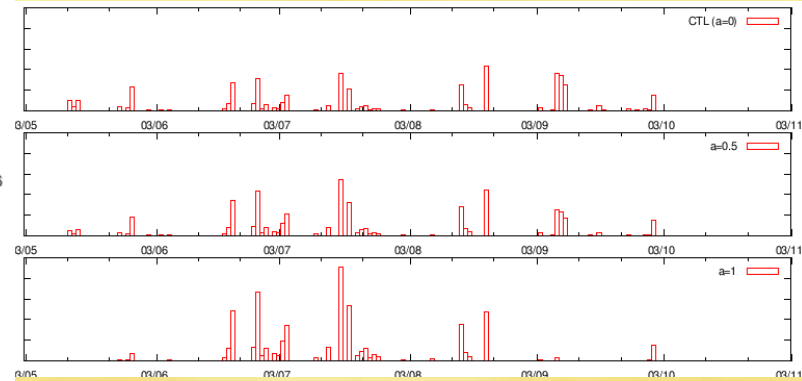
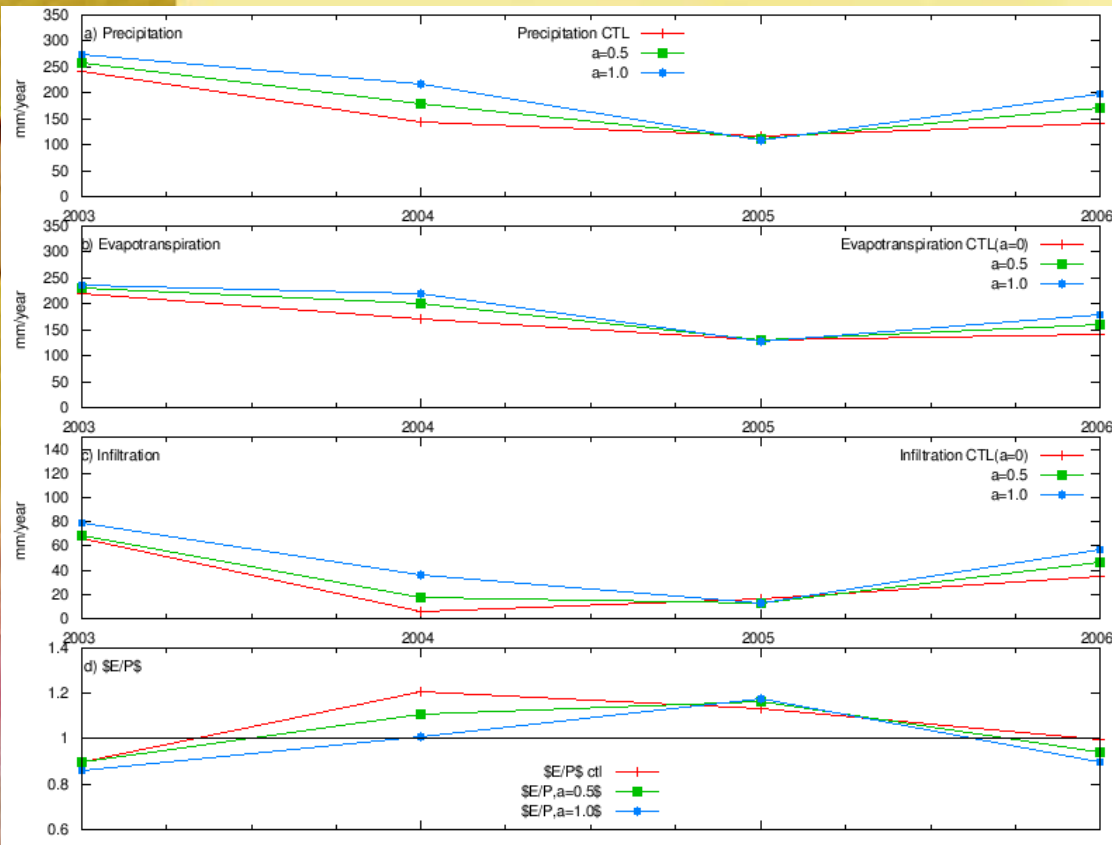
降水量 $\times 1.4$

降水量増加 → 浸透増加, E/P減少
特に多雨年：非線形
履歴がある？（土壌水分メモリー？）





感度実験： 降水の集中度・強度

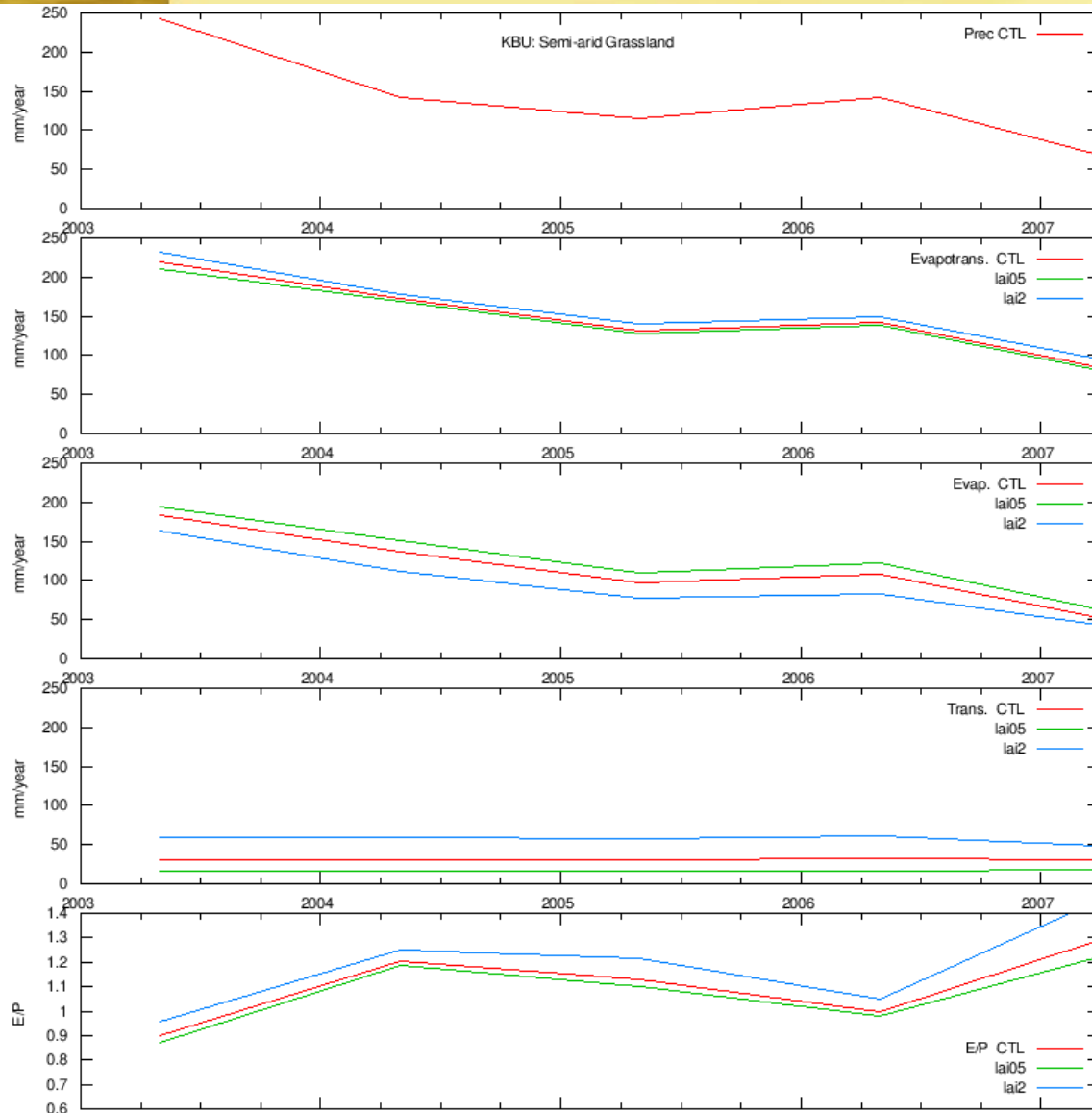


少雨年には影響なし。
集中度・強度増加→浸透増加，E/P減少

7/15を中心とする5ヶ月間の
降水量にテンプレートをかける



LAIに対する感度

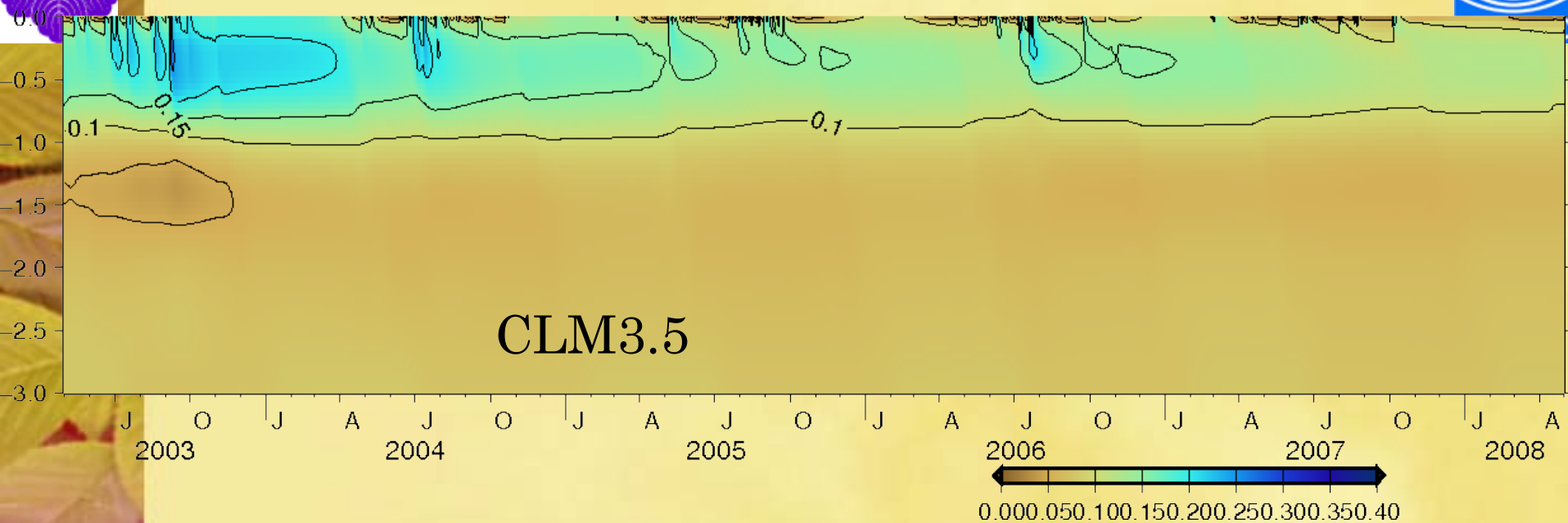


LAI 2倍
LAI CTL
LAI 1/2倍

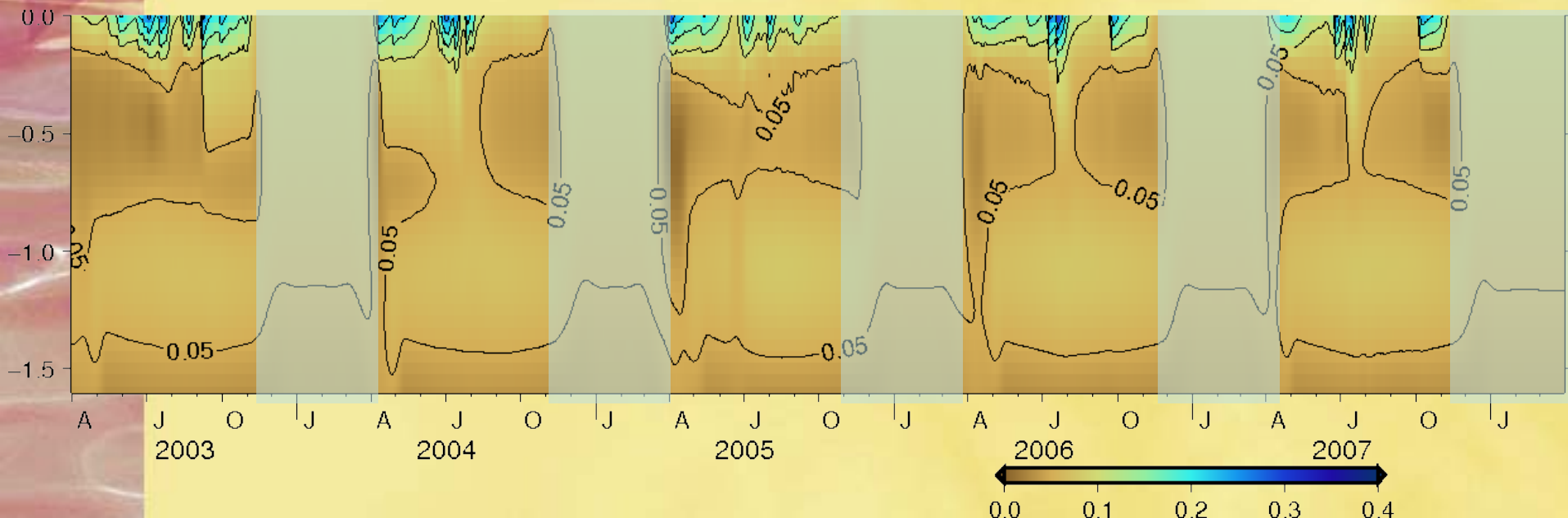
LAI増加→
蒸散増加・蒸発減少
蒸発散増加
E/P増加

降水量増加
→LAI増加→E/P増加
→浸透増加→E/P減少
相殺か？

土壌水分の鉛直時間断面



観測





これまでに分かったこと

- ✿ この地点では、地下水の涵養は行われていない。
- ✿ 多雨年の降水が土壌水分を介して、数年間程度メモリーとして残るかも知れない。
- ✿ 降水量（降水強度）が、非線形的に地表面水収支を支配する。植生が関与すると、もっと複雑。ただし、KBUは植生は放牧に依存。



おしまい



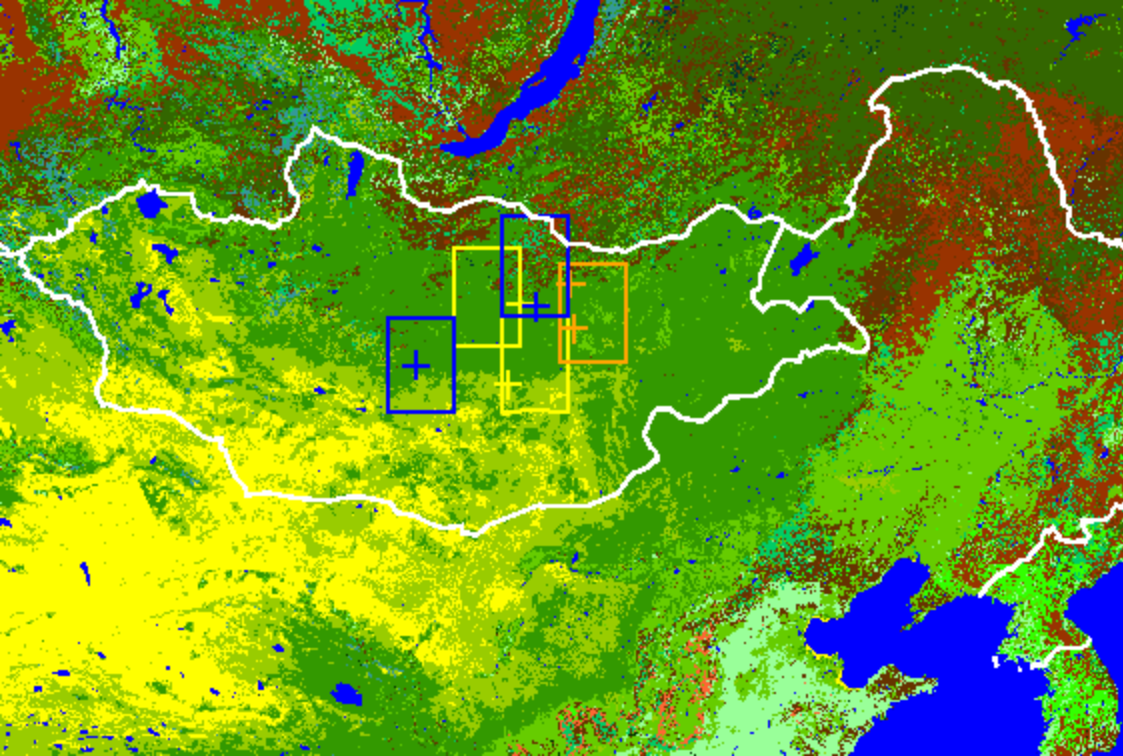
Intercomparison of Landsurface Process Modeling at Asian Dryland

- ✿ “PILPS” or “**MIPS” at Asian dryland”
 - ✿ supported by
 - ✿ MAHASRI, MAIRS-dryland & CEOP-dryland

- ✿ Intercomparison of
 - ✿ landsurface models (water & energy)
 - ✿ ecosystem models (carbon & others)
 - ✿ and their couplings

- ✿ PI:
 - ✿ J. Asanuma, U. Tsukuba & D. Ojima, Colorado State U.
- ✿ Participating countries
 - ✿ Japan, USA, China, Korea, Mongolia, Pakistan, Australia, etc
 - ✿ 日本からは、SiBUC, MATSIRO, VISIT, BAIM
- ✿ Fund: seeking support from
 - ✿ APN
 - ✿ JSPS (KAKEN)





GEWEX-CEOP

reference sites

surface observation

satellite images

model outputs

(MOLTS)



JAMSTEC
Hiroshima Univ.
Tsukuba Univ.

