

1

生態環境計測学 2015/11/18

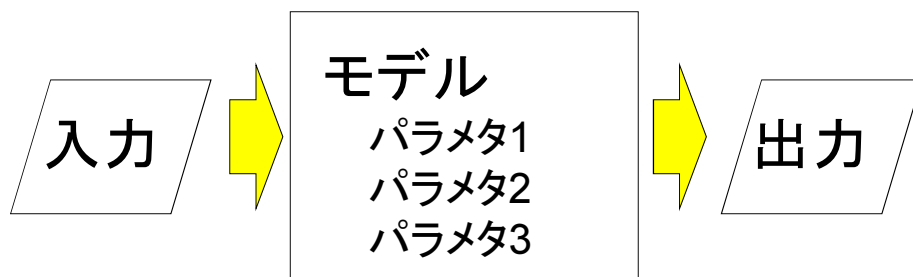
生態系モデリング

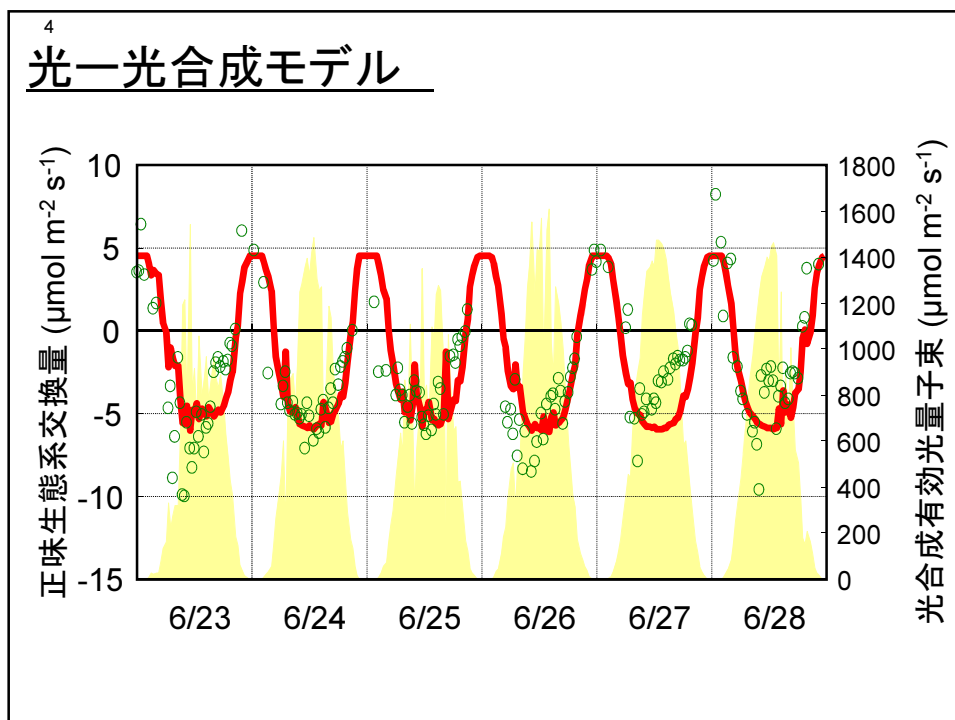
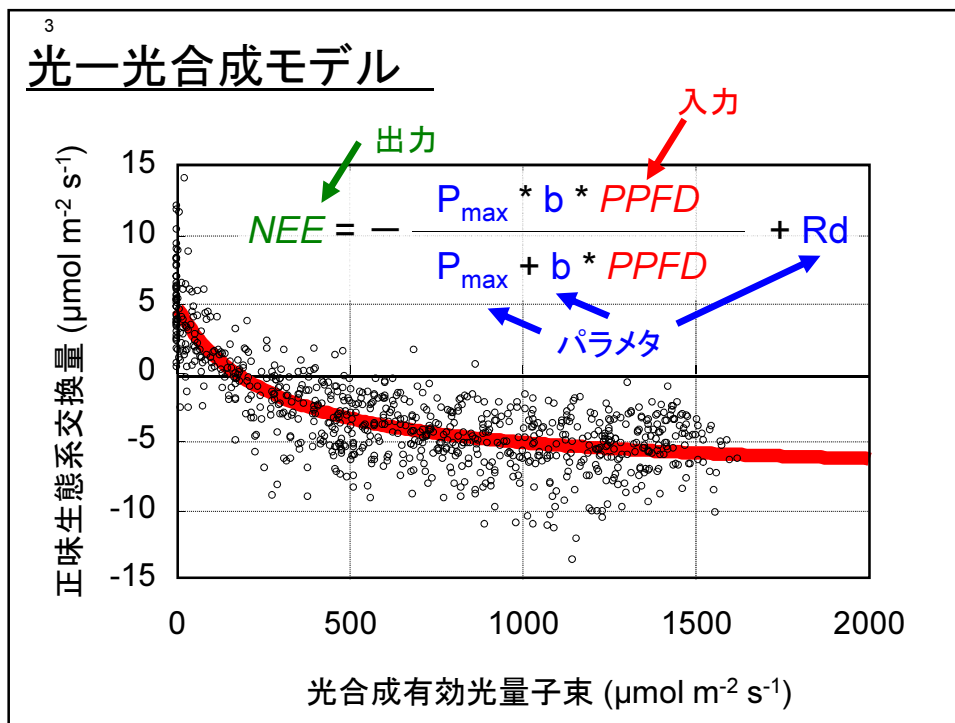
植山 雅仁

2

モデル

対象とする現象や粗過程を数式
等で模したもの





5

モデルを使う目的

データの診断

予測

欠測補間

6

モデルの種類

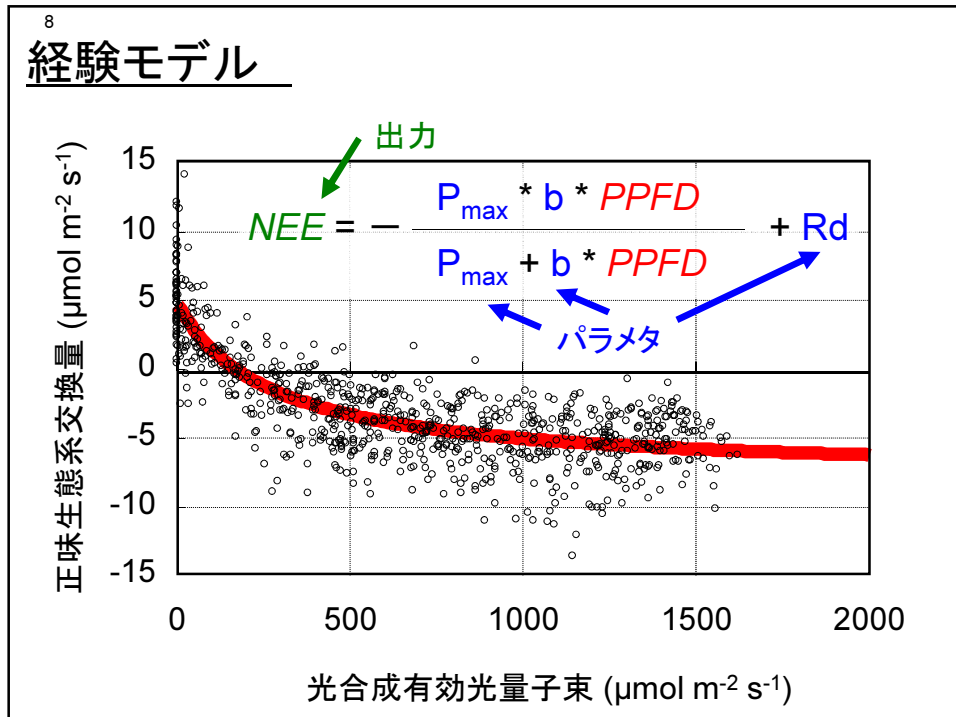
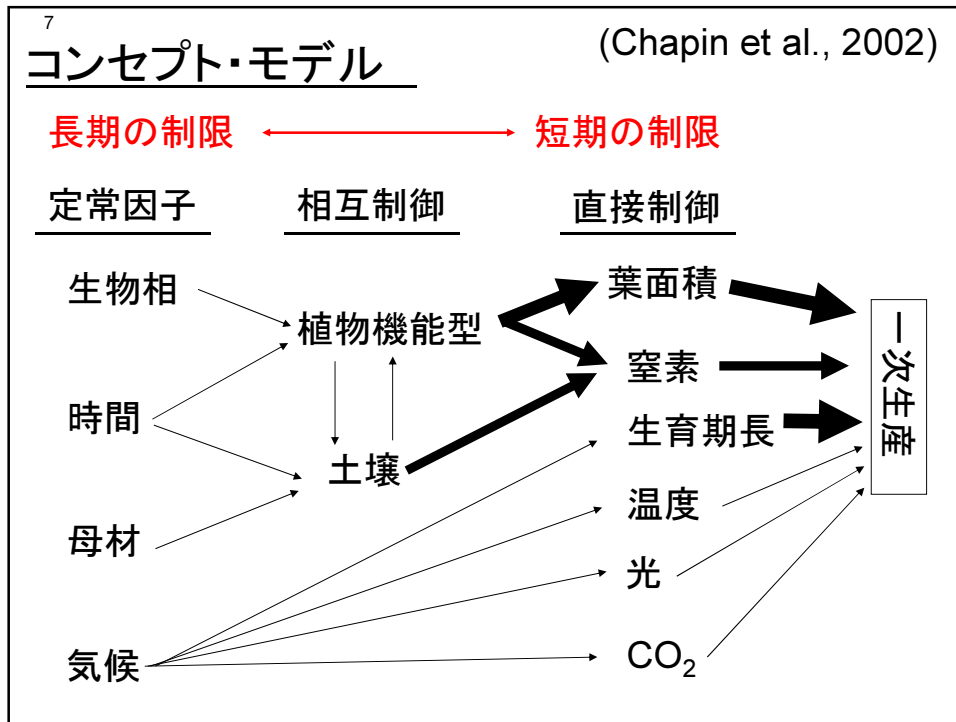
経験モデル

統計モデル、人工知能、機械学習

プロセス・モデル

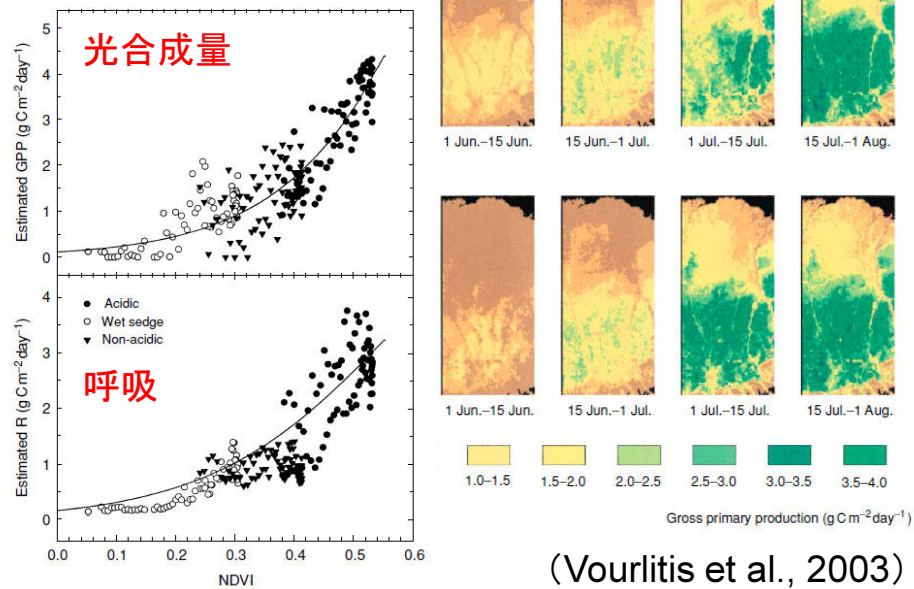
流体モデル、生態系モデル、気候モデル

コンセプト・モデル



9

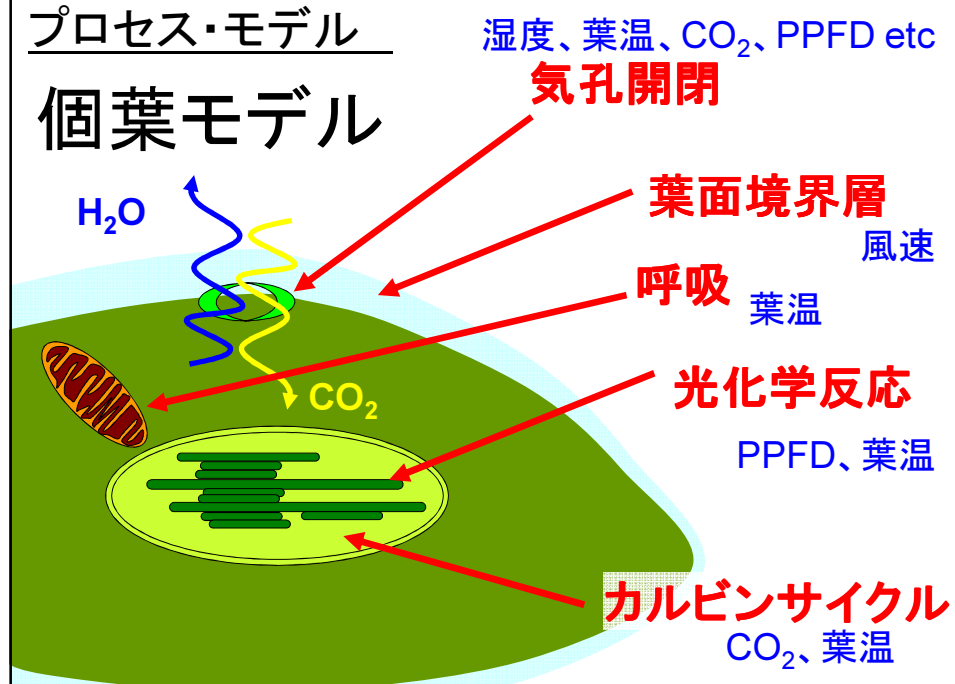
経験モデル



10

プロセス・モデル

個葉モデル



11

プロセス・モデル

(Farquhar et al., 1980)

光合成モデル

カルビンサイクル

$$W_c = V_{cmax} \frac{p(C_c)}{p(C_c) + K_c(1 + p(O)/K_o)}$$

最大カルボキシル化速度
 細胞内CO₂分圧
 細胞内O₂分圧
 パラメタ
 パラメタ

光化学反応

$$W_j = \frac{J}{4 + 8p(\Gamma^*)/p(C_c)}$$

電子伝達速度
 CO₂補償点

12

プロセス・モデル

個葉モデル (結合モデル)

気孔コンダクタンスモデル

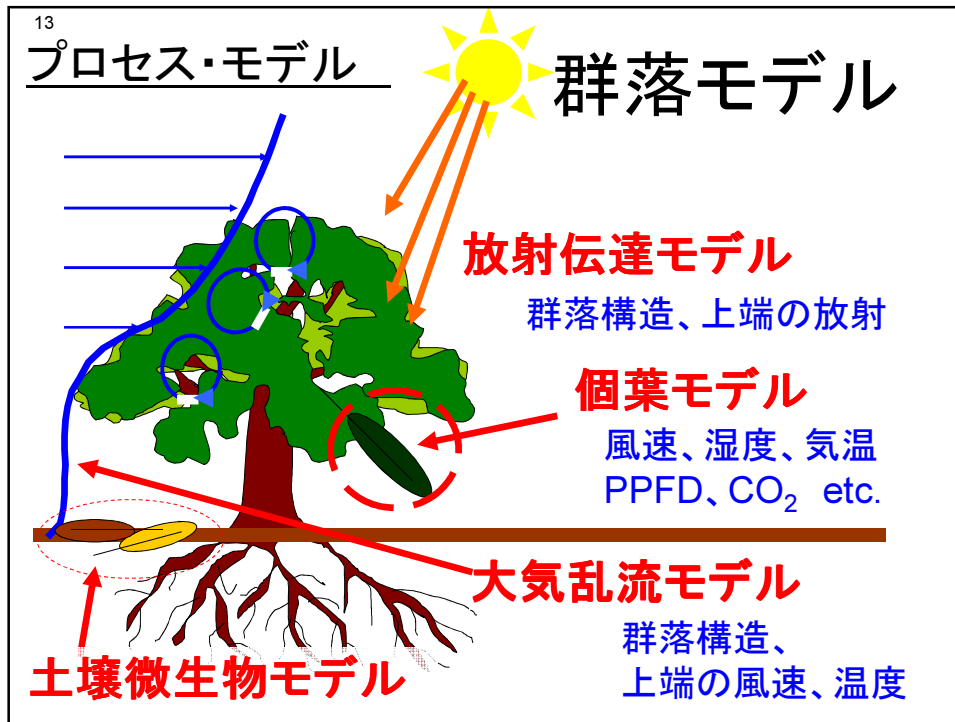
葉面境界層モデル 葉面熱収支モデル

呼吸モデル

光合成モデル

光化学反応

カルビンサイクル



14

プロセス・モデル

大気乱流モデル

$$\frac{\partial \overline{w'c'}}{\partial t} = 0 = \frac{\partial}{\partial z} \left[2e\lambda_1 \frac{\partial \overline{w'c'}}{\partial z} \right] - \overline{w'^2} \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} - \frac{e}{3\lambda_4} \overline{w'c'}$$

保存則

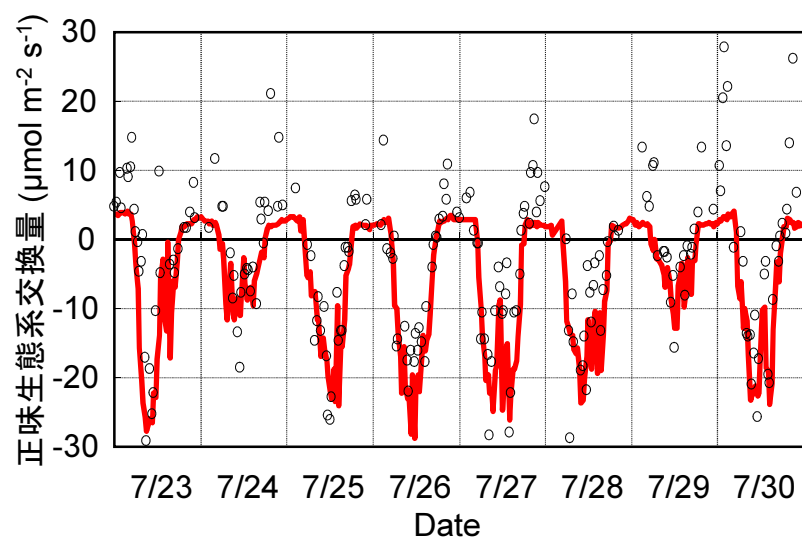
$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} = 0 = -\frac{\partial \overline{w'c'}}{\partial z} + S_c$$

抵抗モデル

$$S_c = aC_c \bar{u} (c_L - \bar{c})$$

15

群落多層モデル



16

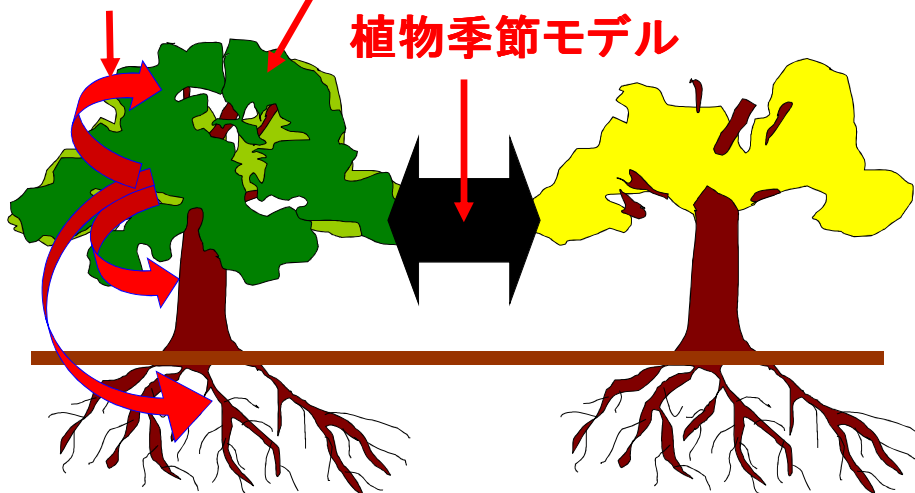
プロセス・モデル

生態系モデル

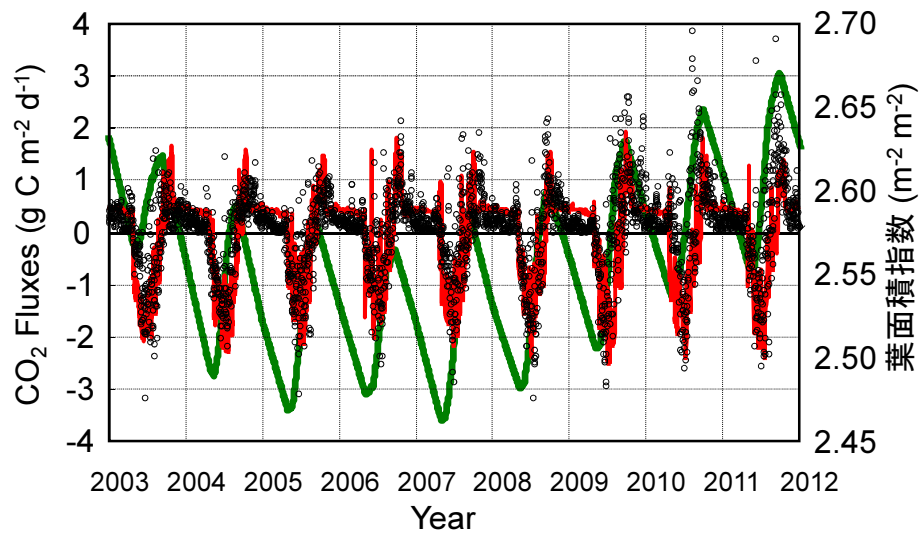
分配モデル

群落モデル

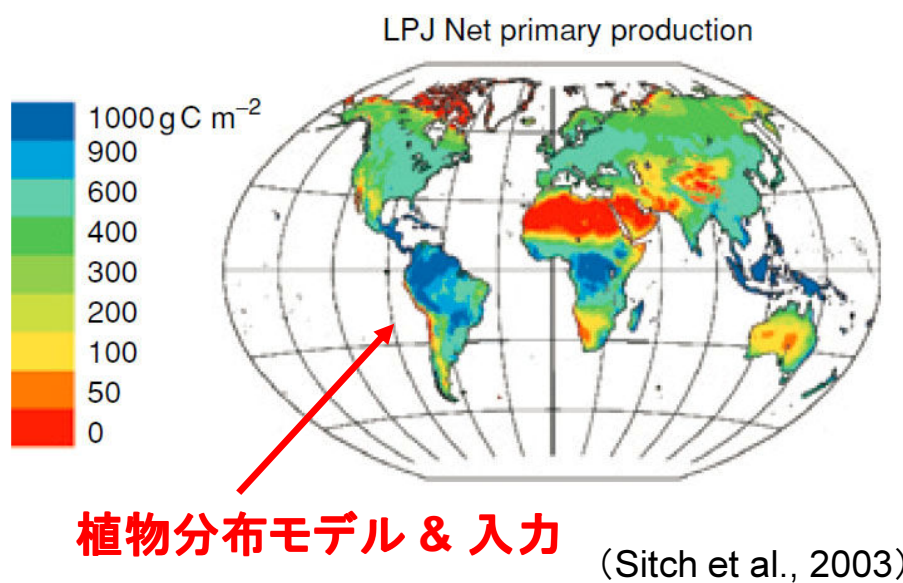
植物季節モデル



17
プロセス・モデル 生態系モデル



18
プロセス・モデル 生態系モデル



19

モデルの種類と利点・欠点

シンプル

複雑

経験モデル

内挿時はあたりやすい
外挿時は精度悪い。

予測に不向き

調整パラメタがない
或いは少ない。

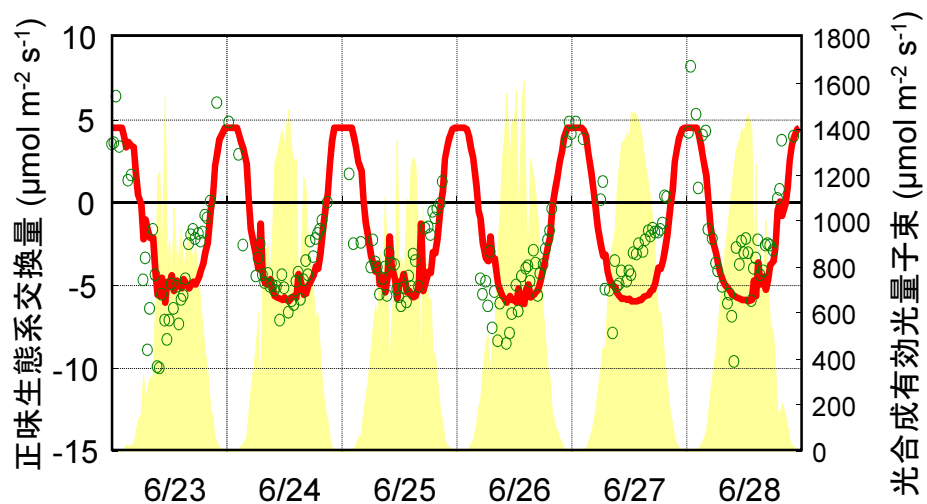
プロセスモデル

正しく考慮されていれば、
外挿もある程度、可能？

パラメタが多く、
決まらないことがある。

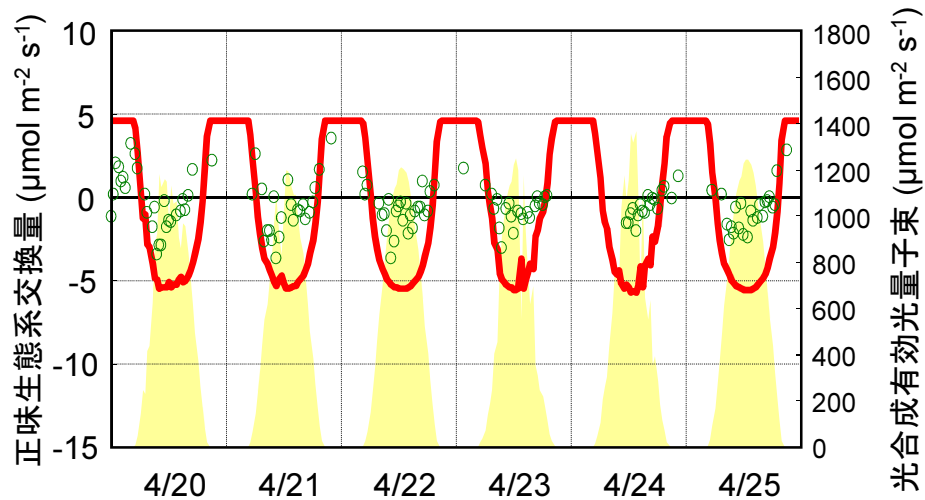
20

内挿 一経験式が成り立つ場合



21

経験式が成り立たない場合



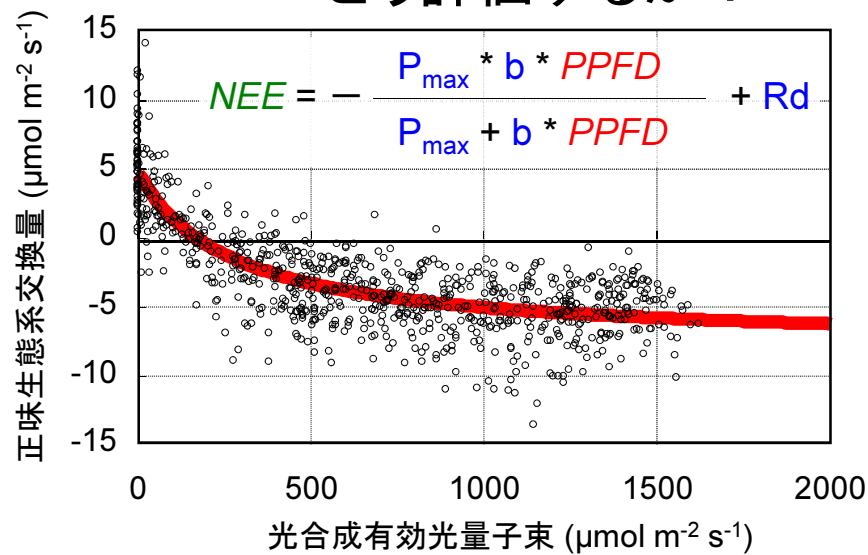
22

プロセスモデルのパラメタ

1	COOPHYS	C3_grass+
2	0	(flag) 1 = WOODY 0 = NON-WOODY+
3	0	(flag) 1 = EVERGREEN 0 = DECIDUOUS+
4	1	(flag) 1 = C3 PSN 0 = C4 PSN+
5	0	(flag) 1 = MODEL PHENOLOGY 0 = USER-SPECIFIED PHENOLOGY+
6	0	(yday) yearday to start new growth (when phenology flag = 0)+
7	364	(yday) yearday to end litterfall (when phenology flag = 0)+
8	1.0	(prop.) transfer growth period as fraction of growing season+
9	1.0	(prop.) litterfall as fraction of growing season+
10	1.0	(1/yr) annual leaf and fine root turnover fraction+
11	0.00	*(1/yr) annual live wood turnover fraction+
12	0.1	(1/yr) annual whole-plant mortality fraction (herbivory)+
13	0.1	(1/yr) annual fire mortality fraction+
14	2.0	(ratio) (ALLOCATION) new fine root C : new leaf C+
15	0.0	*(ratio) (ALLOCATION) new stem C : new leaf C+
16	0.0	*(ratio) (ALLOCATION) new live wood C : new total wood C+
17	0.0	*(ratio) (ALLOCATION) new root C : new stem C+
18	0.5	(prop.) (ALLOCATION) current growth proportion+
19	24.0	(kgC/kgN) C:N of leaves+
20	49.0	(kgC/kgN) C:N of leaf litter, after retranslocation+
21	42.0	(kgC/kgN) C:N of fine roots+
22	0.0	*(kgC/kgN) C:N of live wood+
23	0.0	*(kgC/kgN) C:N of dead wood+
24	0.39	(DIM) leaf litter labile proportion+
25	0.44	(DIM) leaf litter cellulose proportion+
26	0.17	(DIM) leaf litter lignin proportion+
27	0.30	(DIM) fine root labile proportion+
28	0.45	(DIM) fine root cellulose proportion+
29	0.25	(DIM) fine root lignin proportion+
30	0.75	*(DIM) dead wood cellulose proportion+
31	0.25	*(DIM) dead wood lignin proportion+
32	0.021	(1/LAI/d) canopy water interception coefficient+
33	0.6	(DIM) canopy light extinction coefficient+
34	2.0	(DIM) all-sided to projected leaf area ratio+
35	45.0	(m²/kgC) canopy average specific leaf area (projected area basis)+
36	2.0	(DIM) ratio of shaded SLA:sunlit SLA+
37	0.15	(DIM) fraction of leaf N in Rubisco+
38	0.005	(m/s) maximum stomatal conductance (projected area basis)+
39	0.00001	(m/s) cuticular conductance (projected area basis)+
40	0.04	(m/s) boundary layer conductance (projected area basis)+
41	-0.6	(MPa) leaf water potential: start of conductance reduction+
42	-2.3	(MPa) leaf water potential: complete conductance reduction+
43	830.0	(Pa) vapor pressure deficit: start of conductance reduction+
44	4100.0	(Pa) vapor pressure deficit: complete conductance reduction+

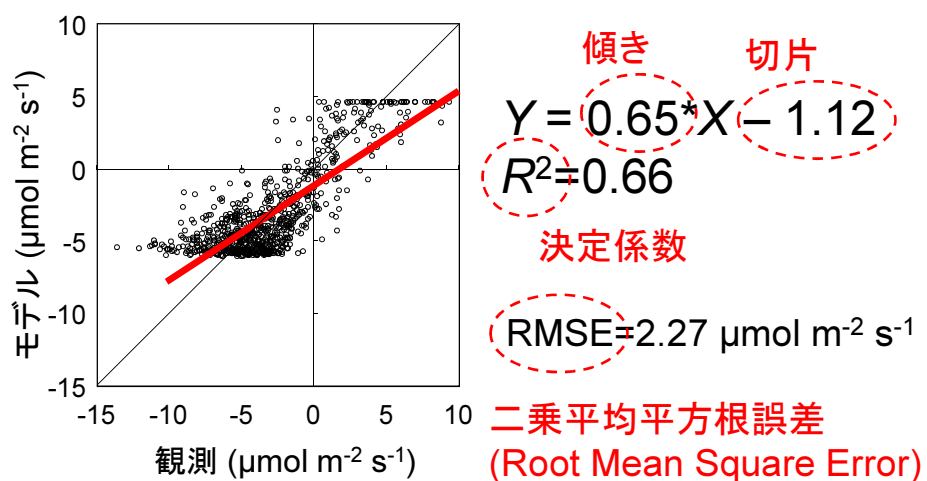
23

モデルの当てはまり どう評価するか？



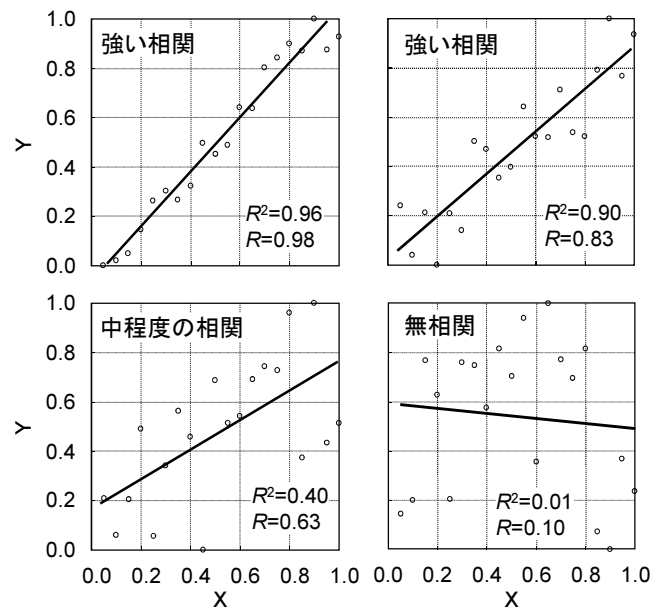
24

モデルの当てはまり



25

モデルの当てはまり



26

モデルの当てはまり

回帰式の傾き、切片

変動量の強さ 平均的なバイアス

相関係数、決定係数、有意水準

共変動の強さ

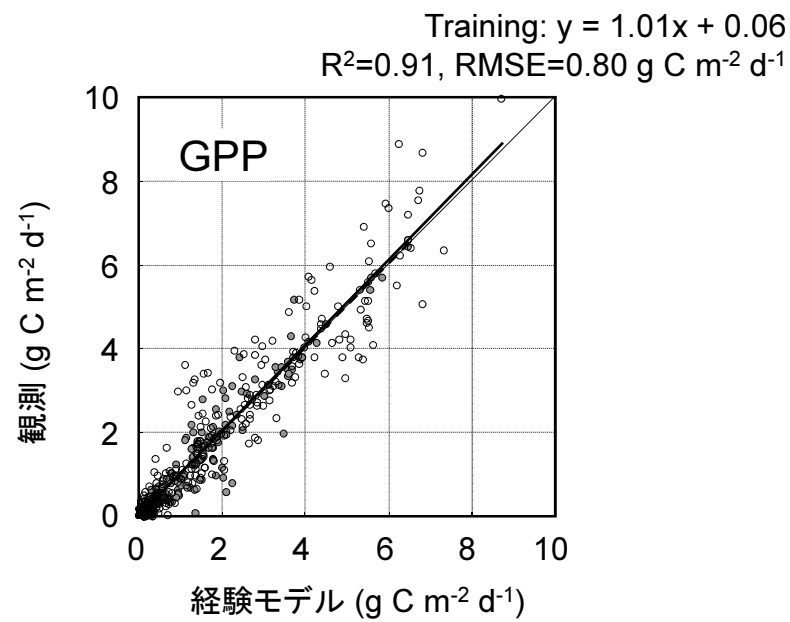
RMSE

平均的な差の大きさ

χ^2 適合度

27

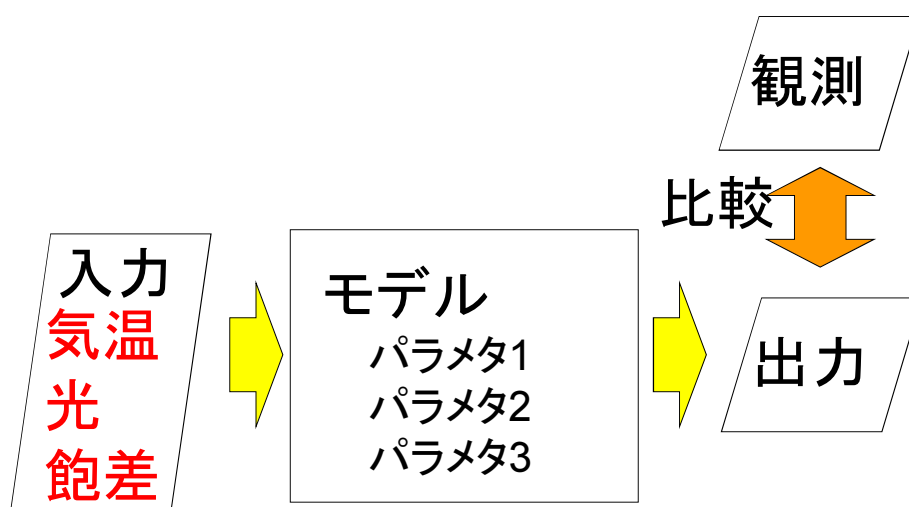
モデルの当てはまり



(Ueyama et al., 2013)

28

因子解析

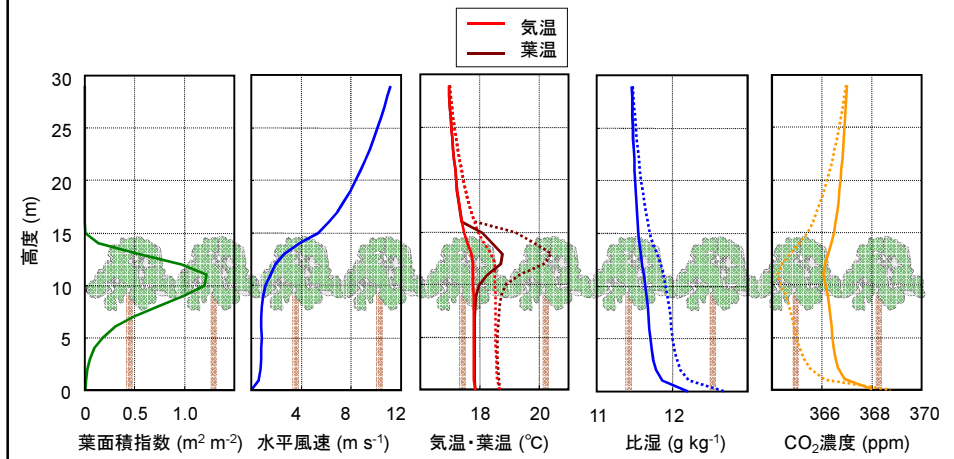


29

微気象 -micrometeorology-

風速が2倍になったら？

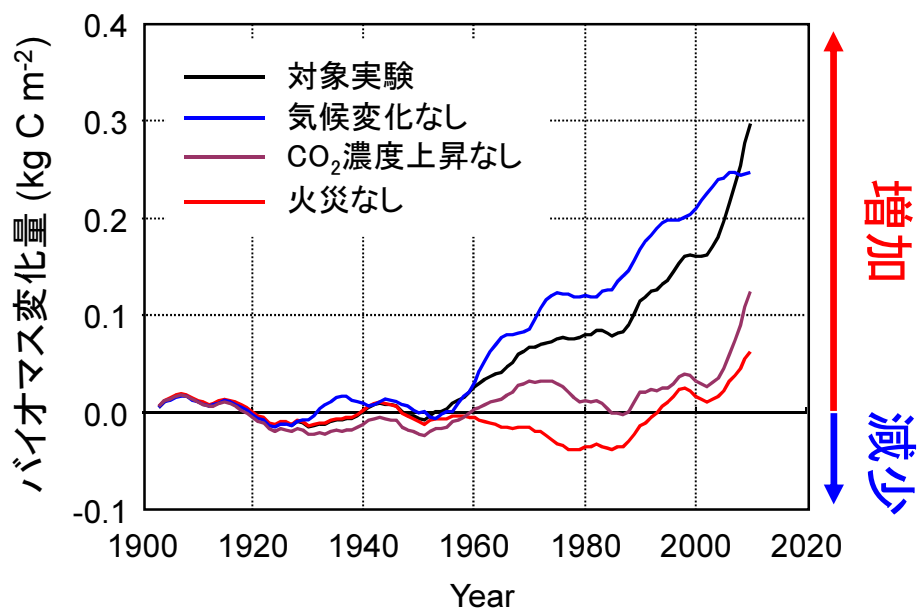
どういった理由で？



30

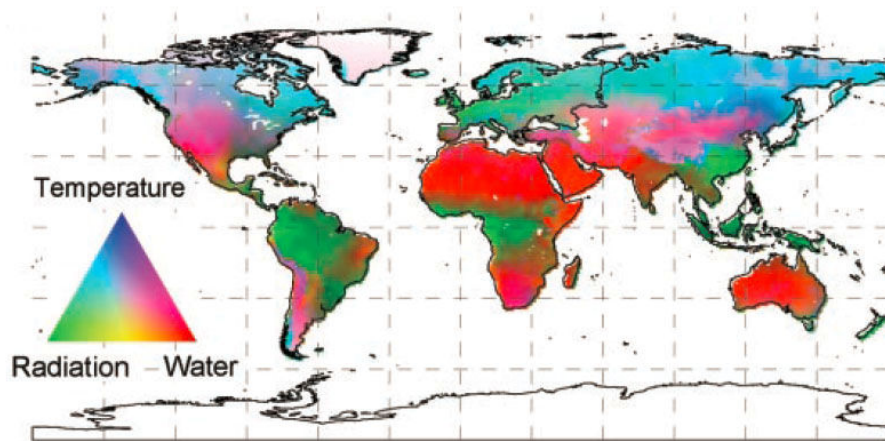
因子解析

気候変化、CO₂濃度上昇、火災



31

因子解析



群落光合成速度に影響を及ぼす要因

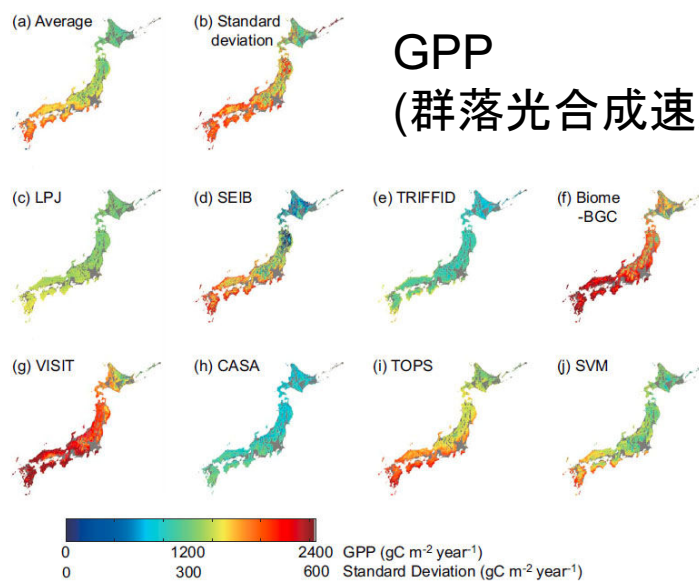
(Nemani et al., 2003)

32

Ichii et al. (2010)

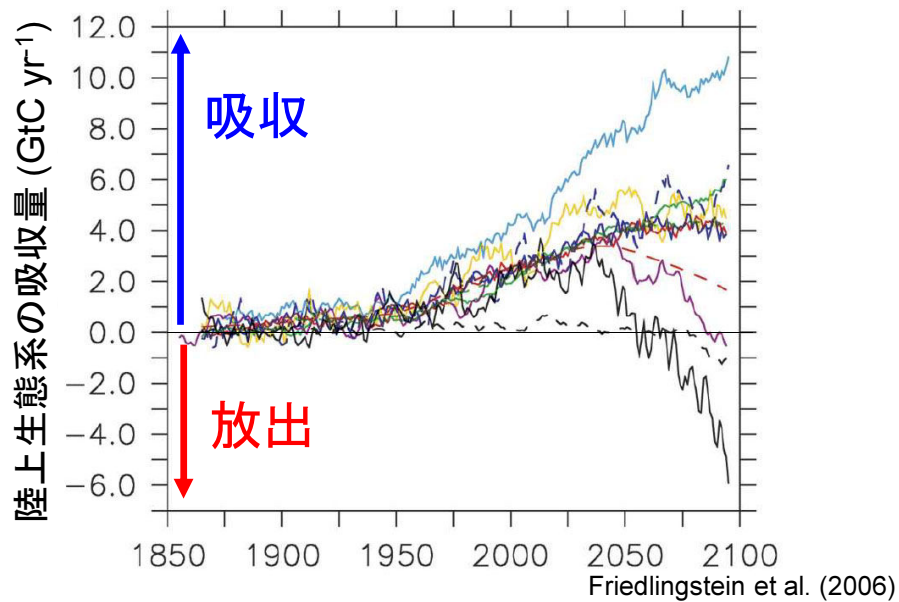
MIP(モデル相互比較)

GPP
(群落光合成速度)



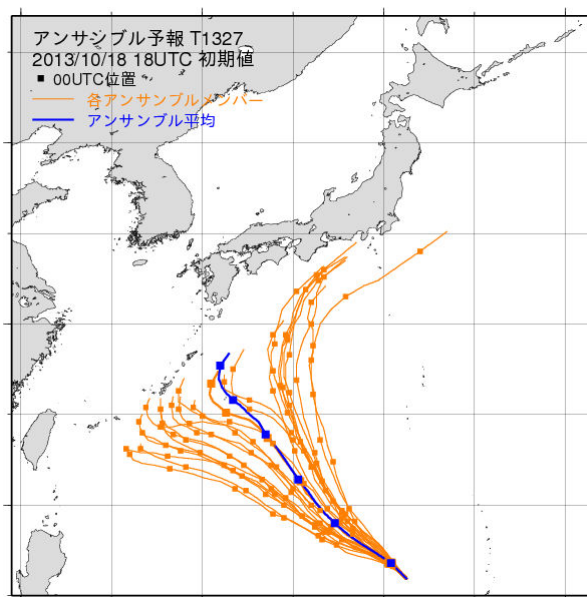
33

予測 —MIP(モデル相互比較)



34

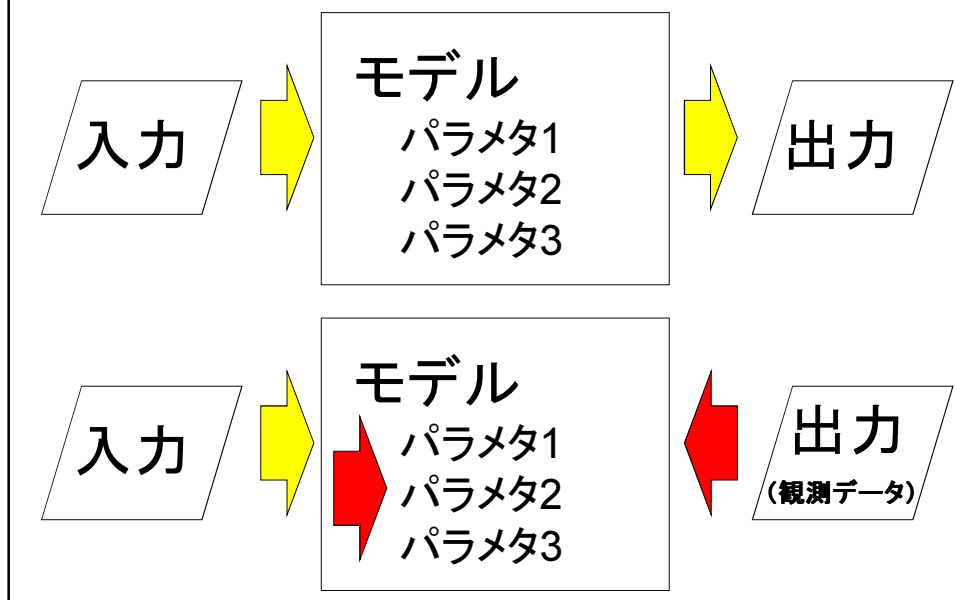
アンサンブル予測



(<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-8.html>)

35

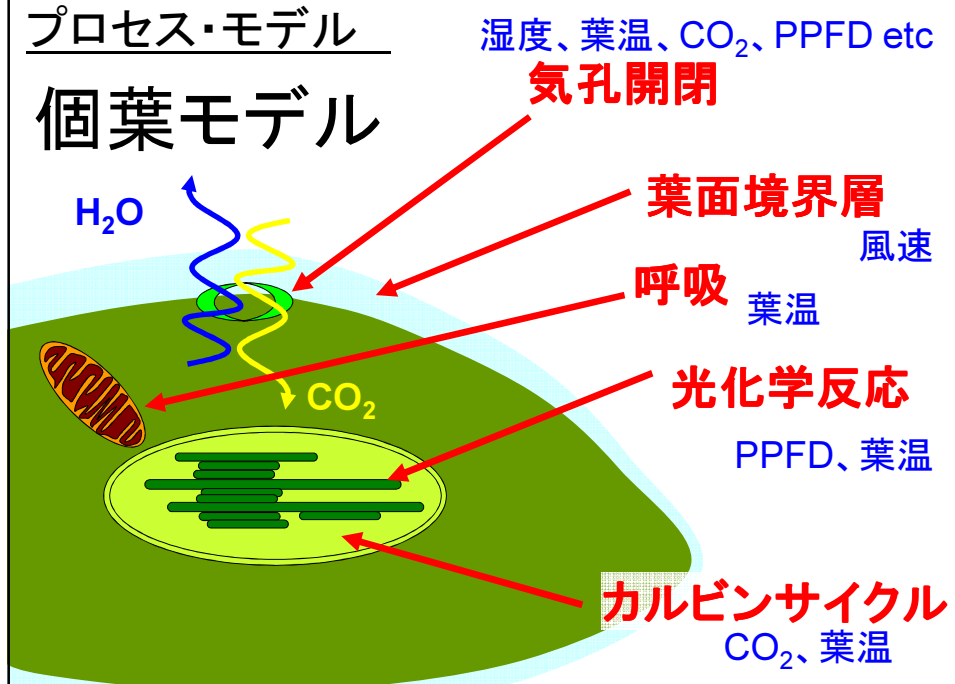
モデルの最適化（パラメタの決定）



36

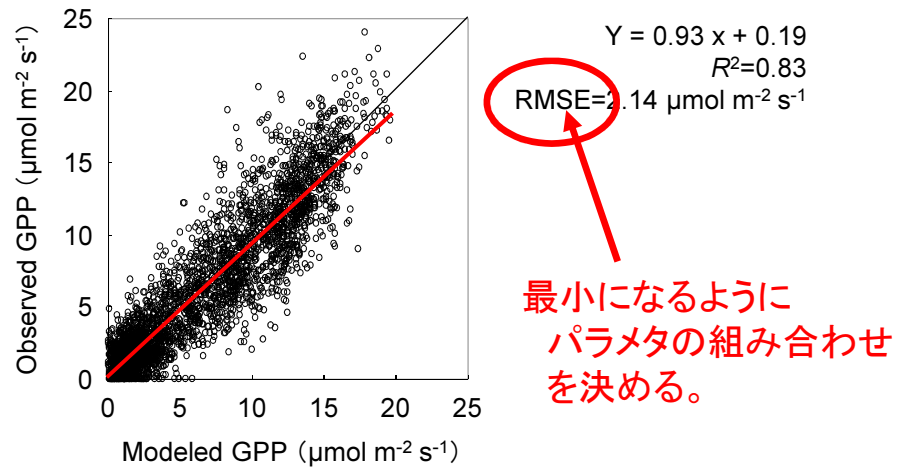
プロセス・モデル

個葉モデル



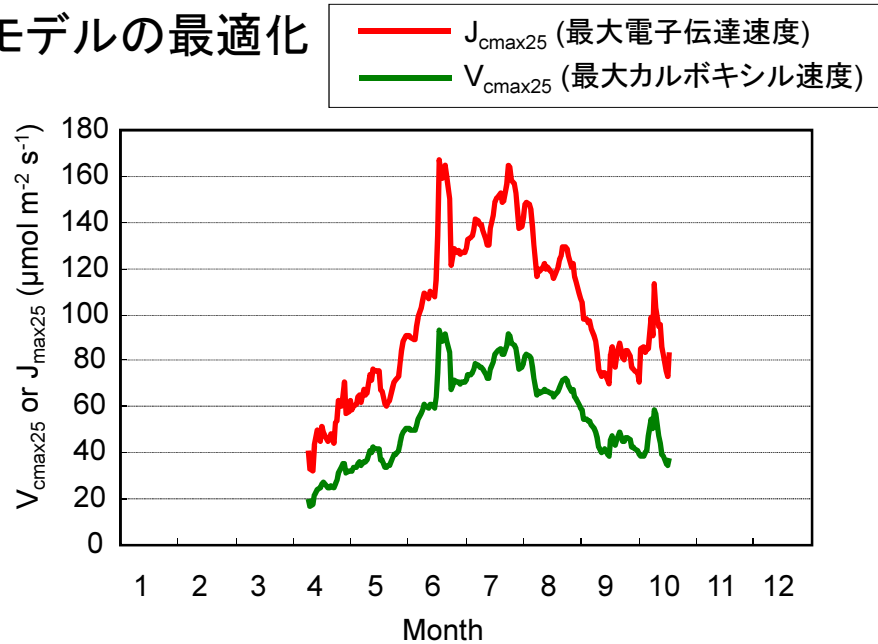
37

モデルの最適化（パラメタの決定）



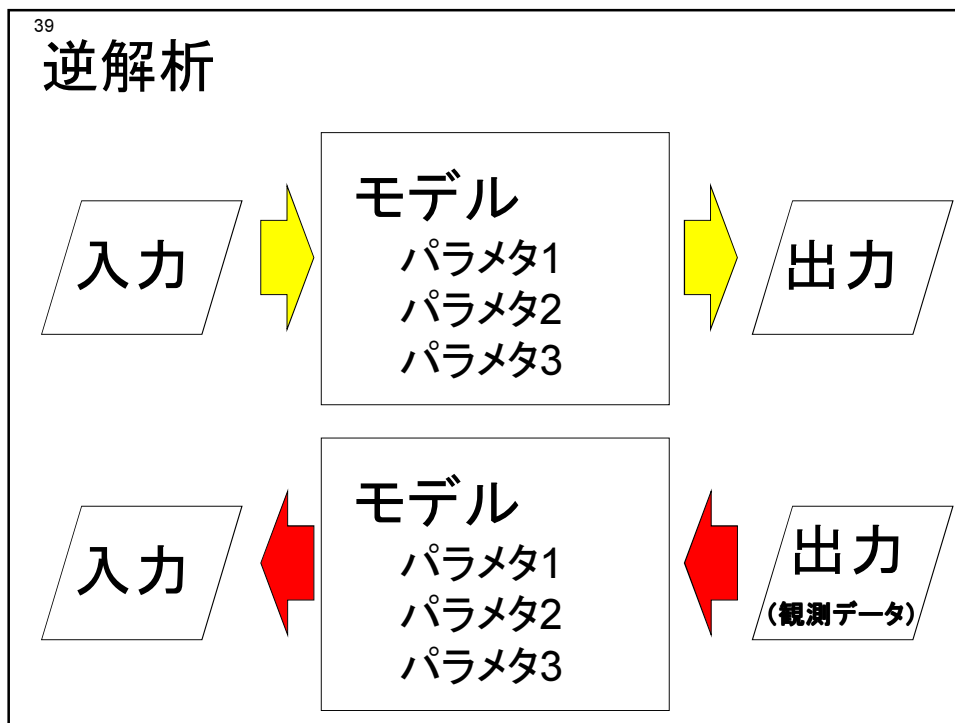
38

モデルの最適化



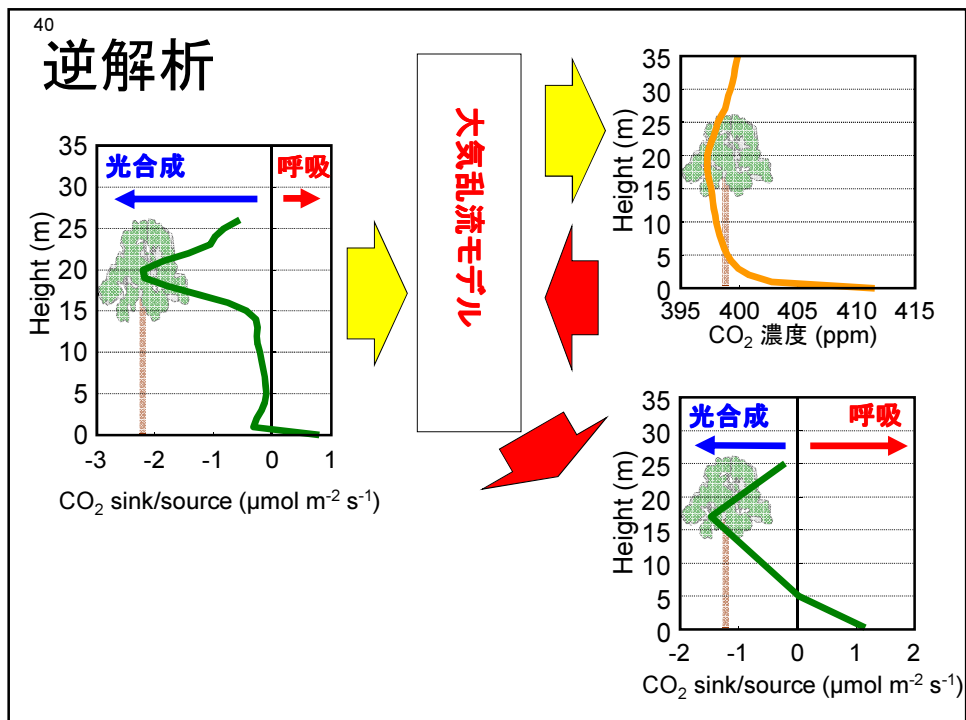
39

逆解析



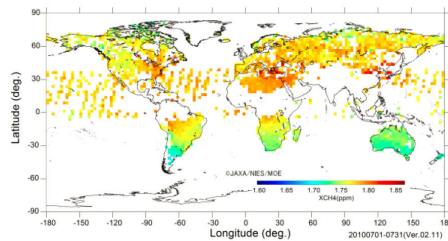
40

逆解析



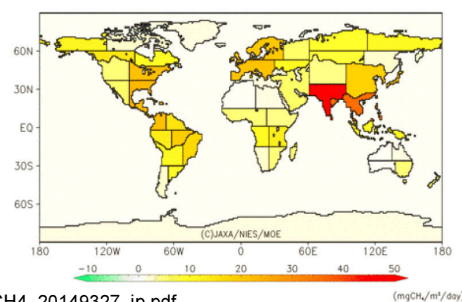
41

逆解析 —GOSATプロジェクト



平成 22 年 7 月

大気輸送モデル

GOSAT L4A V01.01 CH₄ Fluxes (2010/07)

http://www.gosat.nies.go.jp/jp/result/download/GOSAT_L4CH4_20149327_jp.pdf

42

復習事項

- ☒ コンセプトモデル、経験モデル
プロセスモデル（特徴、利点、欠点）
- ☒ 因子分析、最適化、逆解析
- ☒ 当てはまりの評価法
- ☒ 生態系モデル — 結合モデル

引用・参考文献

- Chapin III, F. S., Matson, P. A., and Mooney, H. A. 2002: Principles of terrestrial ecosystem ecology, Springer-Verlag Press, New York, 436 pp.
- Farquhar, G. D., Von Caemmerer, S., and Berry, J. A. 1980: A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 species, *Planta* 149, 79–90.
- Friedlingstein, P. et al. 2006: Climate-carbon cycle feedback analysis: Results from the C⁴MIP model intercomparison, *J. Climate*, 19, 3337–3353.
- Ichii, K., Suzuki, T., Kato, T., Ito, A., Hajima, T., Sasai, T., Ueyama, M., Hirata, R., Saigusa, N., Ohtani, Y., and Takagi, K. 2010: Multi-model analysis of terrestrial carbon cycles in Japan: the role of flux observation to reduce uncertainties of model outputs among ten terrestrial ecosystem models. *Biogeosciences* 7, 2061–2080.
- Nemani, R., Keeling, C. D., Hashimoto, H., Jolly, W. M., Piper, S. C., Tucker, C. J., Myneni, R. B., and Running S. W., 2002: Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*, 300, 1560–1563.
- Sitch, S., Smith, B., Prentice, I. C., Arneth, A., Bondeau, A., Cramer, W., Kaplan, J. O., Levis, S., Lucht, W., Sykes, M. T., Thonicke, K., and Venevsky, S. 2003: Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model, *Glob. Change Biol.*, 9, 161–185.
- Ueyama, M., et al. 2013: Upscaling terrestrial carbon dioxide fluxes in Alaska with satellite remote sensing and support vector regression, *J. Geophys. Res. Biogeosciences*, 118, doi:10.1002/jgrg.20095.
- Vourlitis, G. L., Aillie, J., Oechel, W. C., Hope, A., Stow, D., and Engstrom, R. 2003: Spatial variation in regional CO₂ exchange for the Kuparuk river basin, Alaska over the summer growing season. *Global Change Biol.*, 9, 930–041.