

穀物生産指標CPIの拡張に向けた水分指標と早魃指標の検討

H18 SEReS第9回研究発表会:

穀物生産指標CPIの拡張に向けた水分指標と早魃指標の検討

金子大二郎
松江高専 環境・建設工学科

穀物生産指標CPIの拡張に向けた水分指標と早魃指標の検討

1. 研究の背景

- (1) 地球温暖化と食糧生産および防災への影響
IPCC報告・・・気候変化に脆弱な部門
分野: 水資源, 食糧安全保障, 感染症, 保険(災害)
- (2) 世界の穀物生産量の早期監視システム
 - a) USDA Global Agriculture Monitoring of PECAD (Production Estimates and Crop Assessment Division)
 - b) EC(European Commission)のMARS(Monitoring Agriculture with Remote Sensing) Programme in JRC(Joint Research Center) Protection and Security of the Citizen)
 - c) FAO GIEWS(Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture)
 - d) EAERR(East Asia Emergency Rice Reserve)

Asiaの範囲は監視弱体・・・欧米は小麦・トウモロコシ中心
不稔・光合成モデルで予警報サービス (水稻が特に弱体)

穀物生産指標CPIの拡張に向けた水分指標と早魃指標の検討

1. 研究の背景

- (1) 水資源の変動の増大とアジアの穀物生産量の監視
水資源と食糧需給上の社会的問題点
 - 1) 未だに人口増加, そして水資源需要(灌漑が最大の需要)
 - 2) 近年の気候と降水量の変動増大(豪雨と早魃)
 - 3) 早期監視の必要性(アジアの食糧安全保障と日本の食糧自給率)
 - 4) 農産物の関税上限・撤廃動向
- (2) 衛星による従来の監視法の問題点
 - a) 予測の現状: NDVI, 日射・気温・降水量,
早魃指標: Palmer Drought Index(米国),
水ストレス指標: VCI(Vegetation Condition Index,
TCI(Temperature Condition Index), 中国
 - b) 単位面積収量と各要因との関係または重回帰分析

穀物生産指標CPIの拡張に向けた水分指標と早魃指標の検討

1. 研究の背景

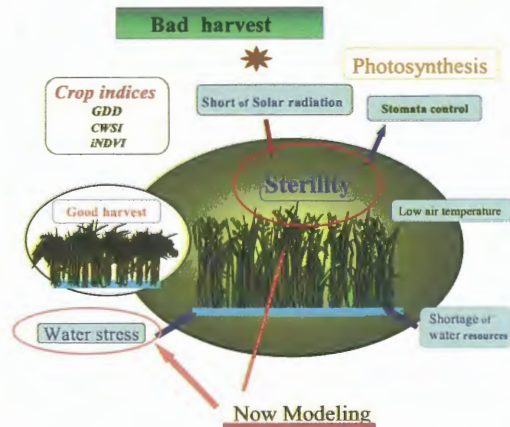
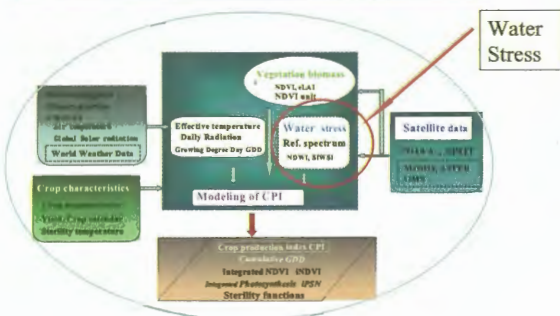
- (1) 開発中の不稔・光合成型穀物生産モデルの課題

これまでに日射・光合成温度影響関数, 低温不稔・高温障害不稔関数および植生量の時間積分としてモデル化.

次の課題として

- 1) 光合成速度に及ぼす気孔開度の定式化
 - 2) 水ストレスによる不稔関数のモデル化
 - 3) 早期監視のための標準生長関数のパラメタライゼーション
- そして応用:
- 4) 水稻から小麦への拡張
 - 5) 中国を中心としたアジアへの適用

Modeling of photosynthetic crop production index



光合成速度と水稻の穀物生産指標CPI

改良

$$CPI_U = F_{Ster}(T_c) \cdot \int_{t_s}^{t_h} PSN_U \cdot dt$$

$$PSN = f_{rad} \cdot f_{Syn}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI$$

$$f_{rad} = \frac{a \cdot PAR}{b + PAR}$$

ここに PSN : 光合成速度, PAR : 光合成有効放射
 β_s : 気孔開度, a, b : Michaelis-Menten定数
 T_c : 葉温, T_{ster} : 不稔限界温度
 $eLAI$: 有効葉面積指数
 F_{ster} : 不稔の温度応答関数, f_{Syn} : 光合成温度影響関数

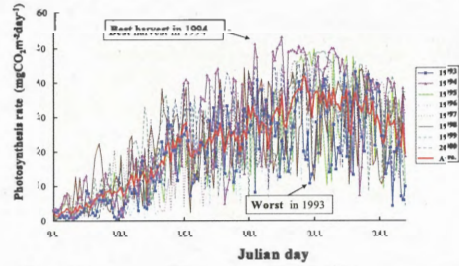
Seasonal photosynthesis rate

$$PSN = f_{rad} \cdot f_{Syn}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI \quad \text{光合成温度影響関数}$$

Sigmoidal関数によるS字型

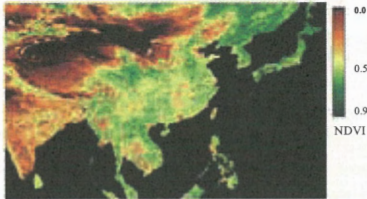
$$f_{rad} = \frac{a \cdot PAR}{b + PAR}$$

$$f_{Syn}(T_c) = \left[\frac{1}{1 + \exp\{k(T_c - T_{hr})\}} \right]$$

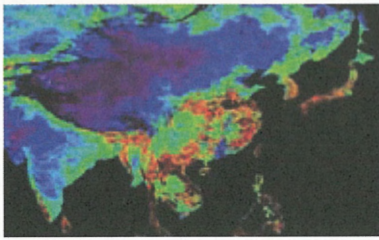


NDVI

NOAA
August, 2000

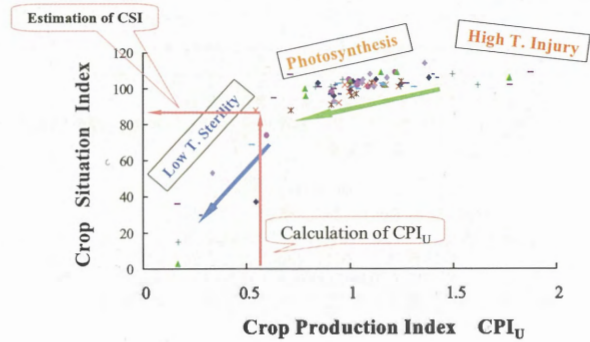


SPOT
May, 2003



Crop Production Index and Crop situation Index

$$CPI_U = F_{Ster}(T_c) \cdot \int_{t_s}^{t_h} PSN_U \cdot dt$$



Early warning of bad Crop Situation Index (CSI_E)

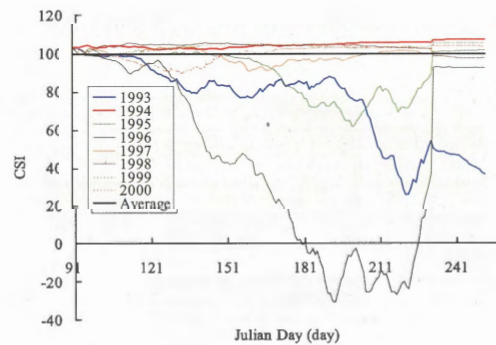
On the case of **Bad harvest** :

When $CPI < CPI_0$, crop situation index CSI_E is expressed by

$$CSI_E = Y_{ave} - (Y_{ave} - CSI_{min}) \left\{ \frac{(Y - Y_0)}{(Y_0 - Y_m)} \right\}^2 (t_e - t_s) / (t - t_s)$$

where, notation Y_m is the minimum CPI_{min} at the monitoring site,
 Y_0 is the average CPI_0 , Y is the calculated CPI.
 when time $t < t_{heading}$, $t_c = t_{hd}$
 , and $t > t_{heading}$, $t_c = t_{hv}$

by KANEKO



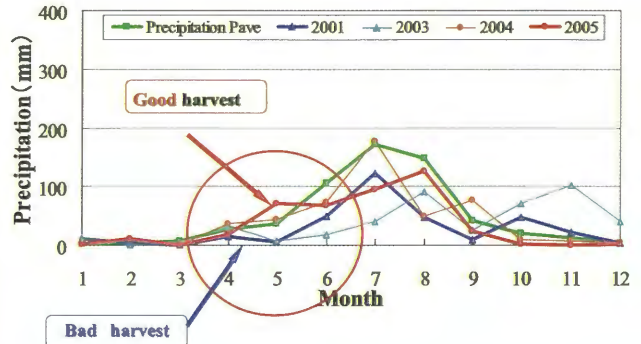
早魃指標BMDIの
対象地点

Bad harvest → 2001 spring
Good harvest → 2005 spring

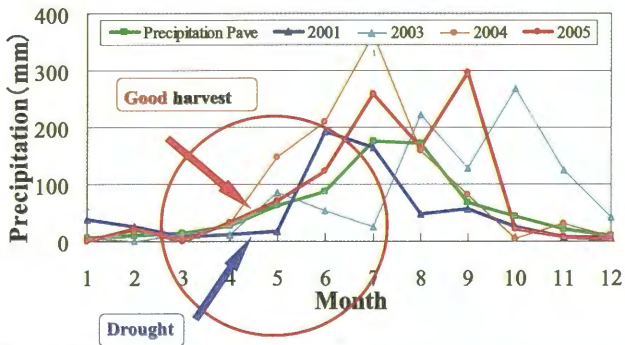
- 瀋陽
- 北京
- 濟南
- 南京
- 成都



Pr_{ave} Beijing(北京)



Pr_{ave} Jinan(濟南)



Moisture Index M (水分指標)

$$M = \frac{100(p - \bar{p})}{s}$$

ここに、p : 月降水量

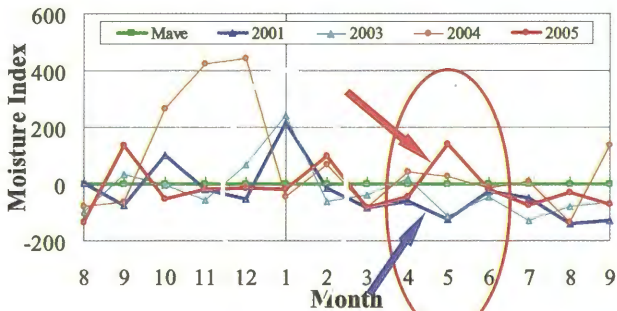
\bar{p} : 月平均降水量

s : 降水量の標準偏差

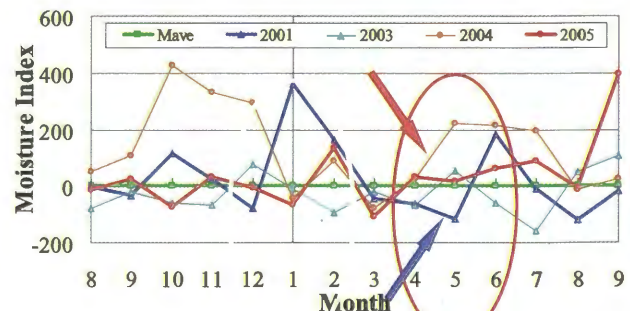
$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i (p_i - \bar{p})^2}$$

ここに、N : 統計年数 (24年, 1982年~2005)

Moisture Index M 北京



Moisture Index M 濟南



積算水分指標 ΣM

$$\sum_{i=1}^k M_i = a + bk$$

ここに、a, b: 地域に依存する定数

k: 月

早魃指標 BMDI (I_k)

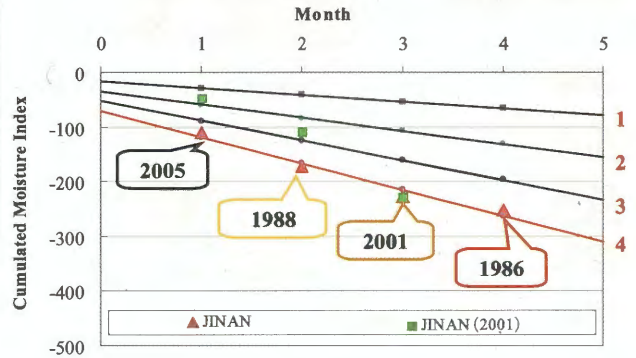
$$I_k = \frac{M_k}{d} + (1+c)I_{k-1}$$

ここに、 M_k : 水分指標

d: $d=(a+b)/4$

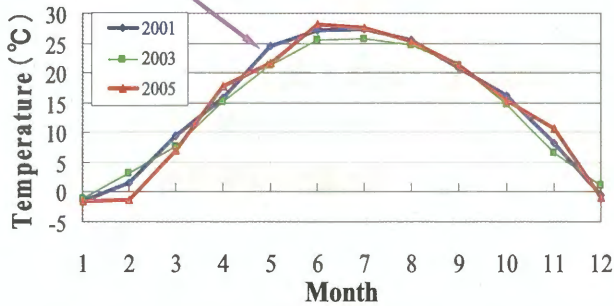
c: 地域に依存する定数

Drought Index BMDI



Jinan(済南) Monthly Mean Air Temperature

High air temperature in ripening stage



Bhalme Mooley の

早魃指標BMDI

1982年～2005年の世界気象データを使用し、2001年に早魃によって凶作となった気象条件を対象とし作物への影響を検討した。

- 1) 冬小麦が凶作であった2001年の済南の早魃は、早魃指標BMDIからも最大級の厳しさであることが確認できた。
- 2) 凶作は、降水量不足だけでなく高温であったことから、熱波的な早魃であったことが判る。
- 3) なお、早魃指標BMDIの値は、後段で比較している華北平原における水分指標NDWIの平面分布の特性と一致し、地表水分の不足を確認することができた。

水ストレス指標

Shortwave Infrared Water Stress Index By Fensholt (2003)

(SIWSI)

MODIS

B6 1.628-1.652 μ m

B2 0.841-0.876

$$SIWSI = \frac{\rho_2 - \rho_6}{\rho_6 + \rho_2} = \text{new NDWI}$$

ASTER

SWIR

B4 1.60-1.70 μ m

Sensible band for water

B3 0.76-0.86

$$SRWI = \frac{\rho_3}{\rho_4}$$

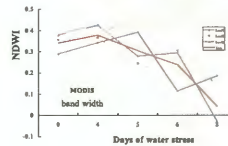
$$SIWSI = \frac{\rho_3 - \rho_4}{\rho_4 + \rho_3}$$

水稲水ストレス実験

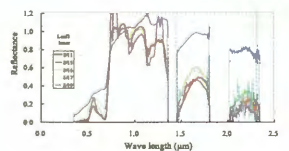
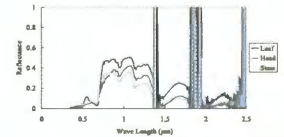
温度傾斜型
制御温室
TGC

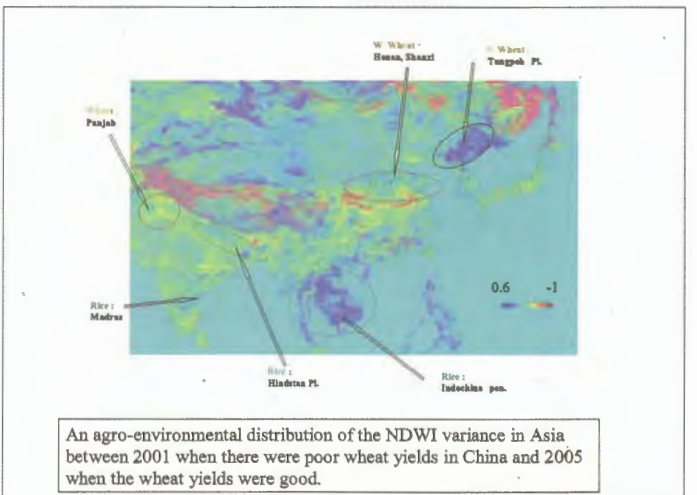
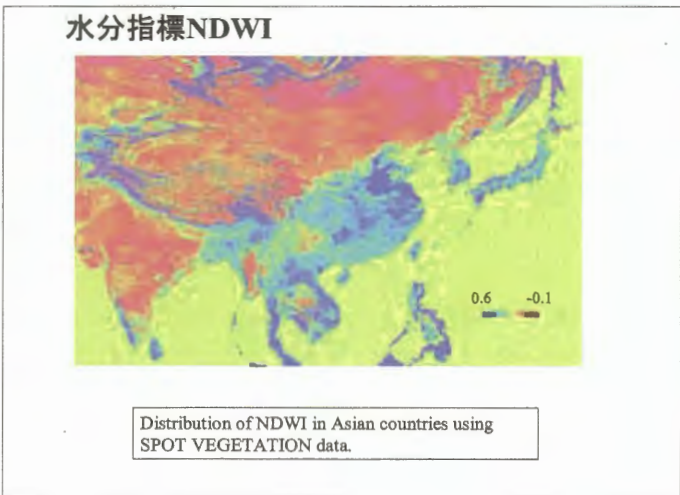
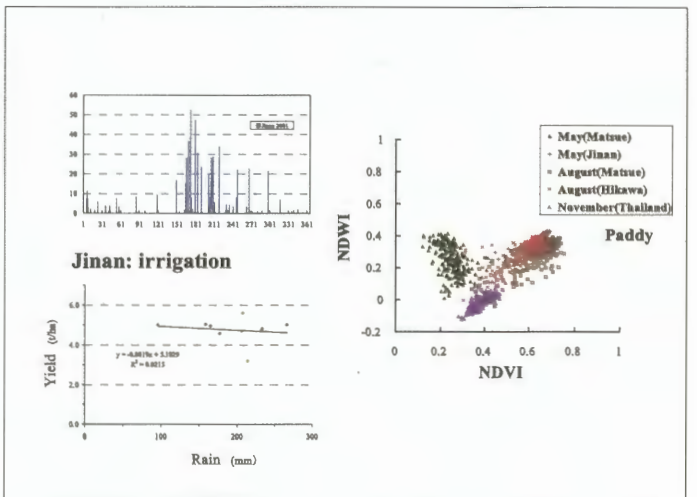
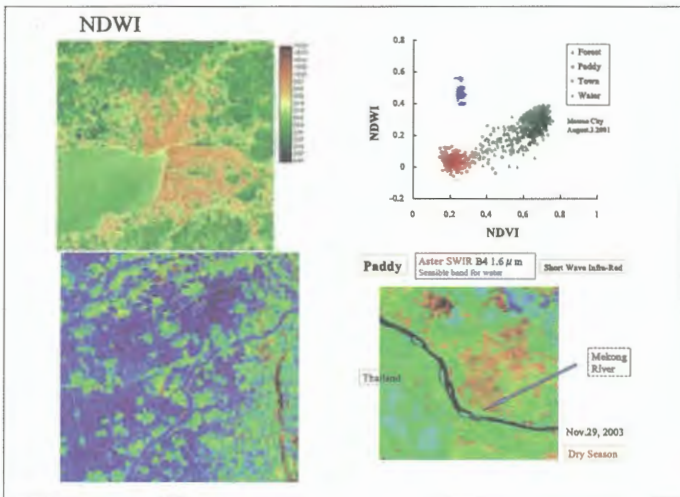
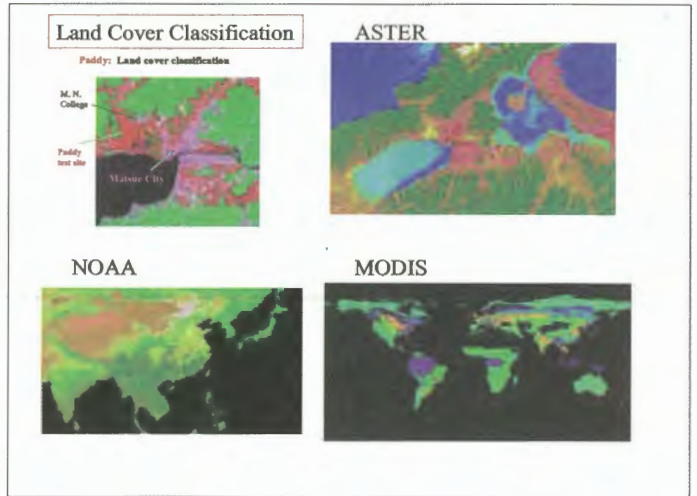
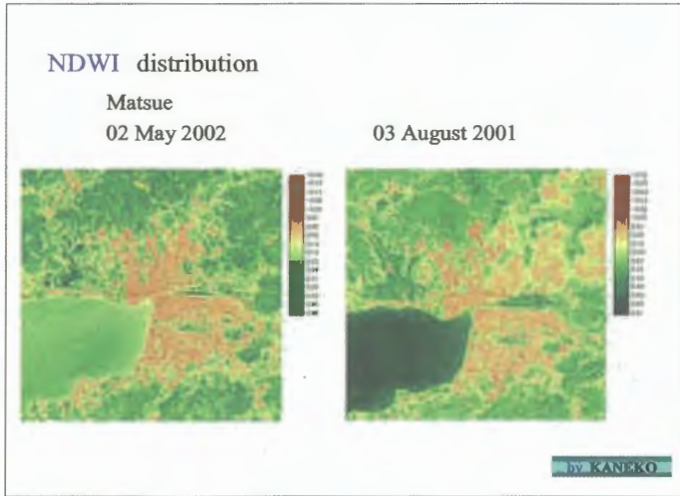
分光放射計

反射スペクトル
測定



水稲の分光反射率



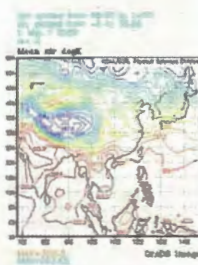
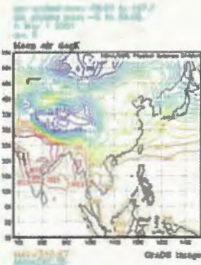


Surface Air Temperature Re-Analysis Data from National Climate Data Center

T_a

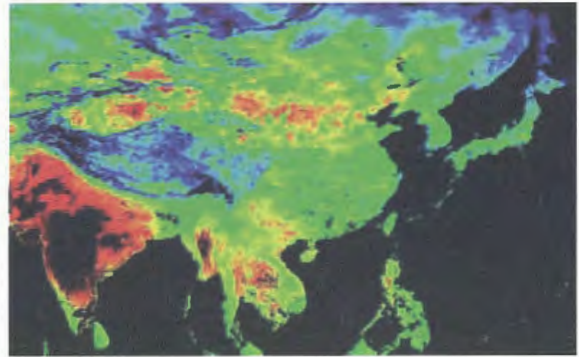
Bad harvest: May 2001

Good harvest: May 2005

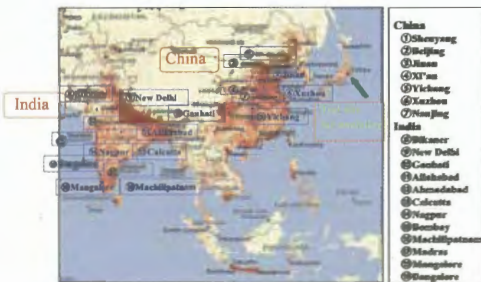


MODIS Surface Temperature T_s

2003.05.01-10



Distribution of Observation Sites for World Weather



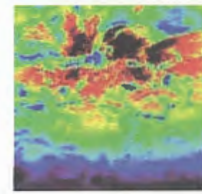
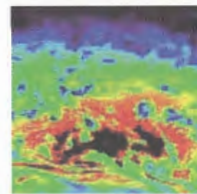
by KANEKO

Solar Radiation

Geostationary Meteorological Satellite Himawari

January 2000

August 2000



結論： 穀物生産指標CPIの拡張に向けた水分指標と早魃指標の検討

中国を中心としたアジアの穀物生産量のモニタリングを目的として、不登・光合成型の穀物生産指標を開発してきた。

1. 穀物生産指標のモデリングの中で、気孔開度を表わすために植生の水分指標NDWIから水ストレスを定義しようとしてきた。
しかし、水分指標NDWIは植生量を要因として含むことから、気象データによる早魃指標BMDIによって、中国の華北平原の済南を中心に、降雨データから早魃の厳しさを定量的に表わした。
他の要因として、水ストレスは灌漑によって緩和されるので、蒸発散をメカニズムとして含む指標が必要であると考えられる。
そのために、地表気温の平面分布として気象予測再解析データと、衛星による地表温度からの熱収支的アプローチが有効としてモデリングを進めている。水分指標NDWIと早魃指標BMDIと合わせ三種の指標により相互に検証する予定である。