

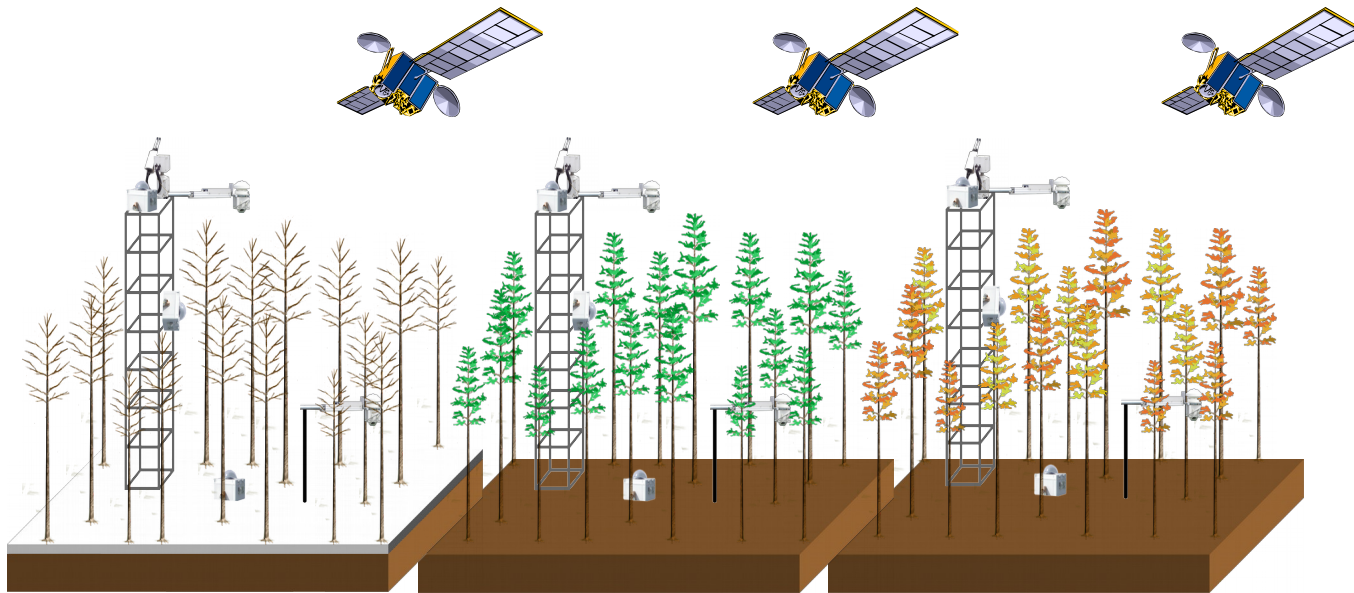
JapanFluxと共に歩んだPEN (Phenological Eyes Network)

奈佐原 顕郎



Phenological Eyes Network

2003~

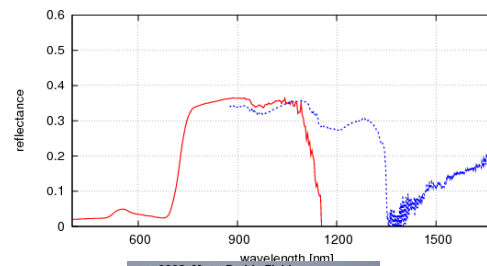


A continuous, biology-oriented, ground truth network for remote sensing

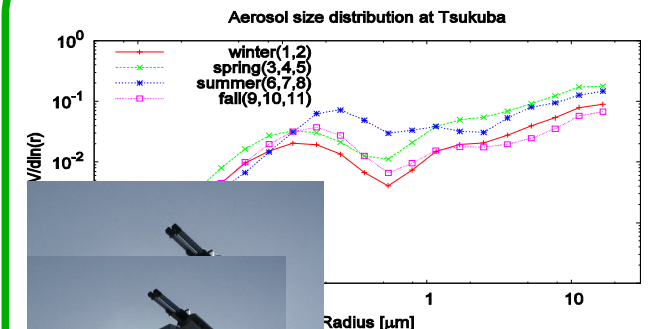
Automatic Digital Fish-Eye Camera



Automatic spectrometer
(VIS/NIR/SWIR)



Sunphotometer (for aerosol)



PENの前

どうやればリモセンでフラックス研究できる？

NDVI (植生指標)から植物の状態を, 放射温度で熱交換状態を。→ 主に蒸発散のリモセン
多くの既往研究。しかし「やってみました」どまり。いまいちリモセンは役立っていなかった。

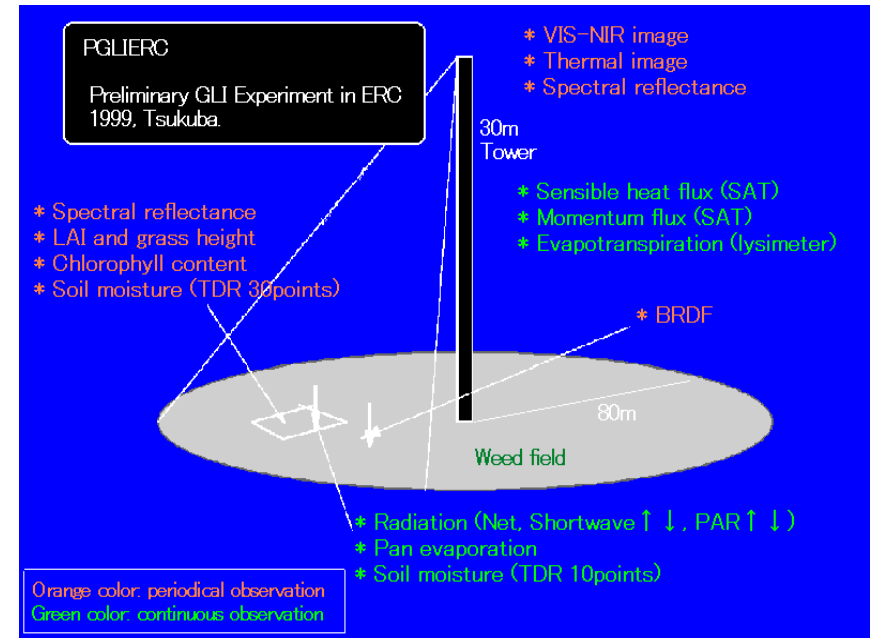
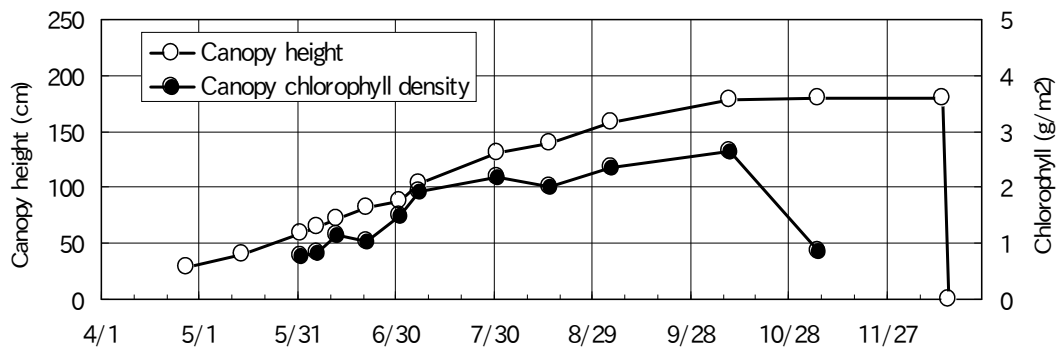
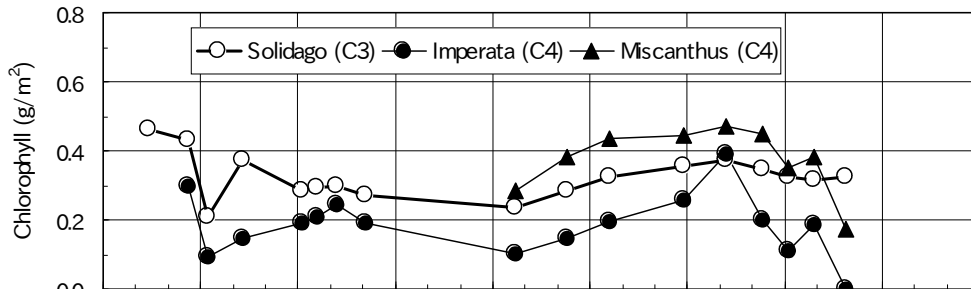
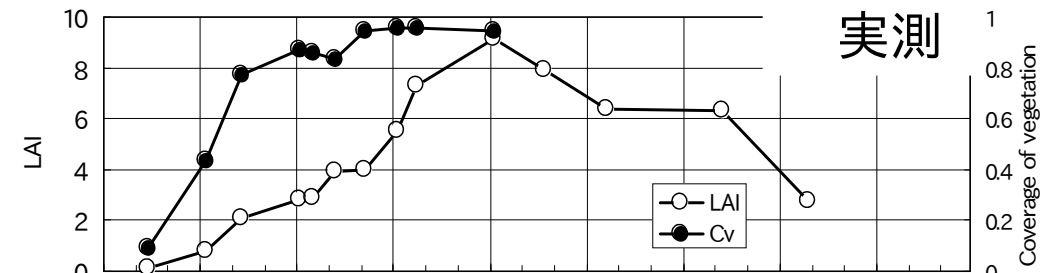
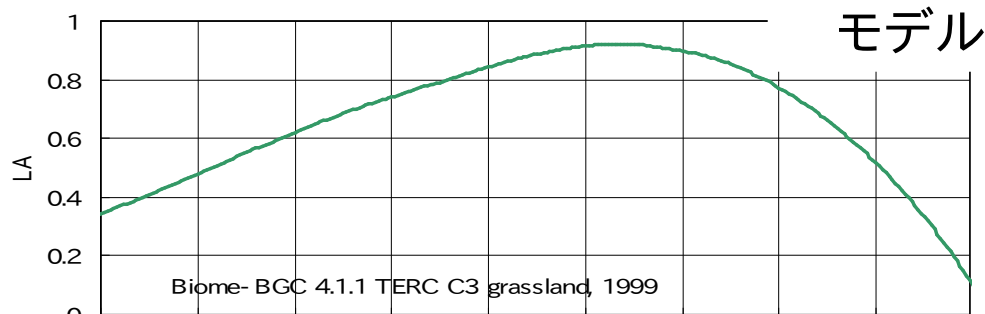
1990年代後半～2002? GAME-Tプロジェクト … Takタワーで自動定点カメラ観測
同じ頃, GAME-シベリアでも鈴木力英さんが定点写真を盛んにとっていた。



1999 PGLIERCプロジェクト … 筑波大草地で生態リモセン実験

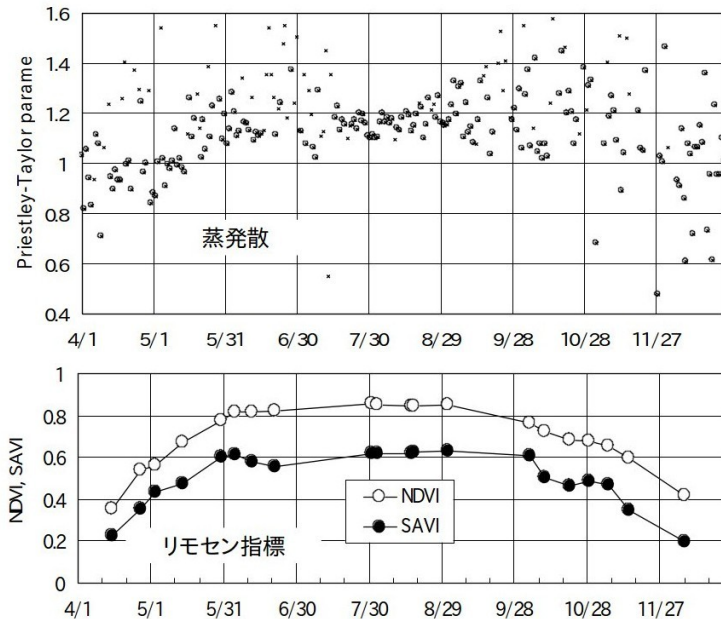
1999 PGLIERC (preliminary GLI Experiment in TERC) ADEOS2-GLIのための、筑波大学水理実験センター実験

樋口篤志(現・千葉大)
飯田真一(現・森林総研)と

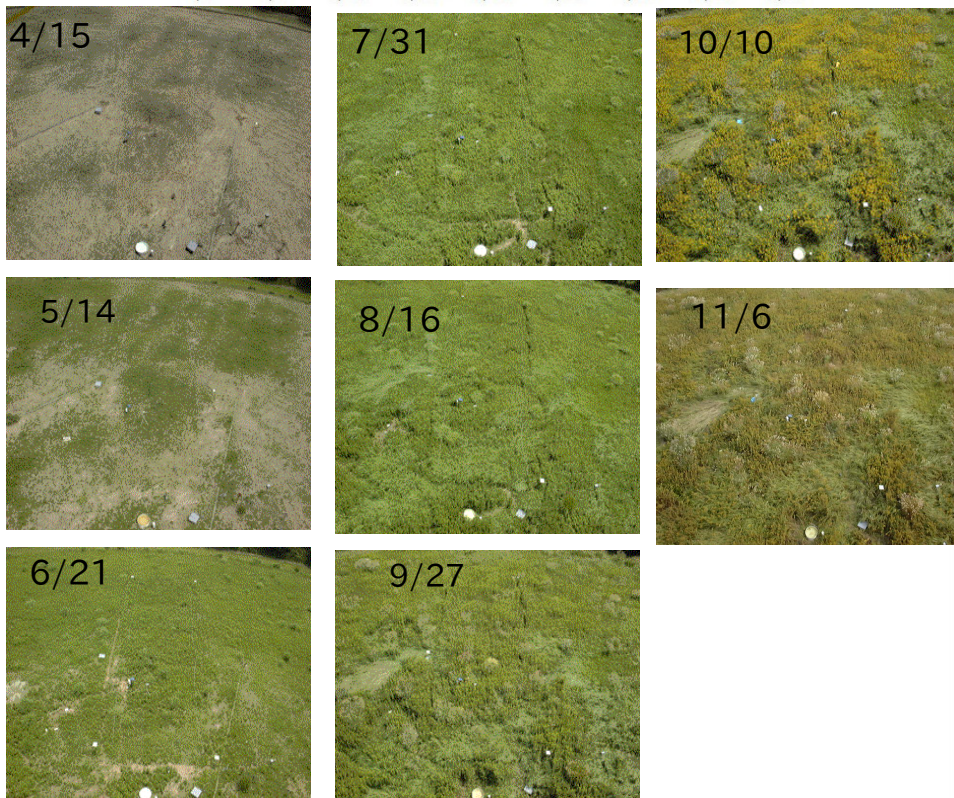
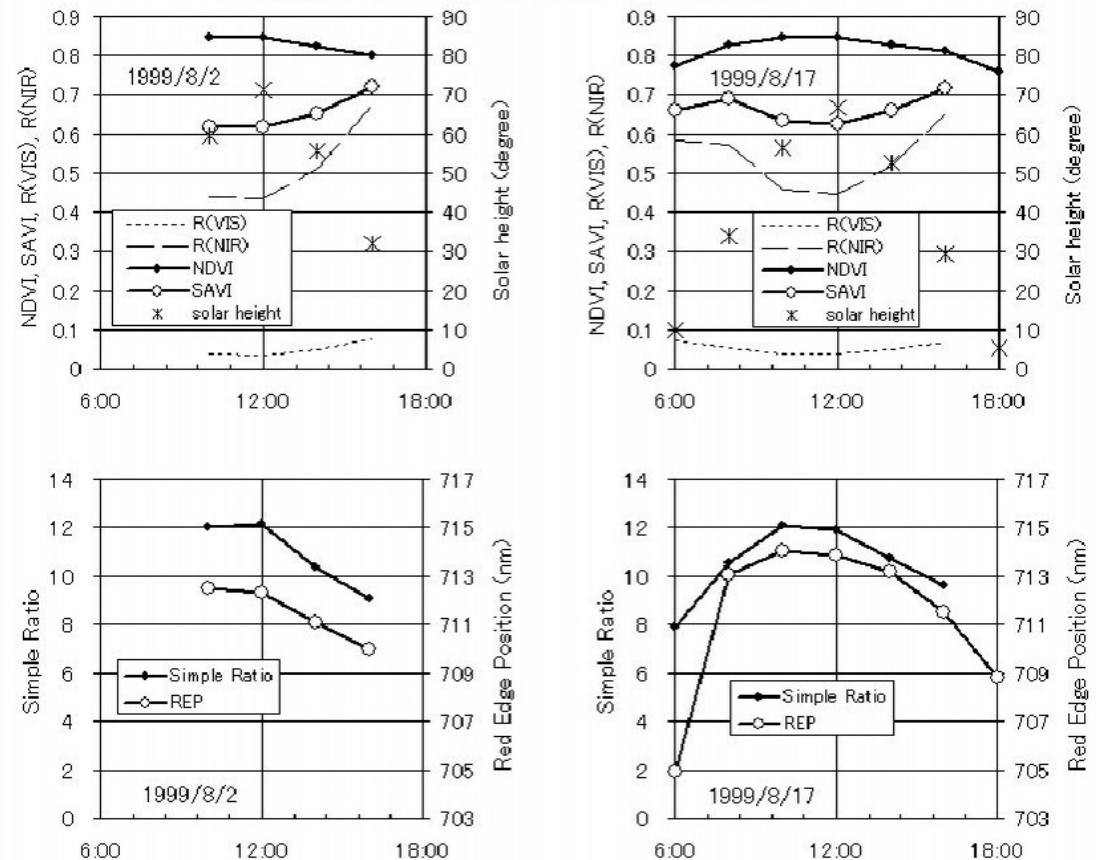


1999 PGLIERC (preliminary GLI Experiment in TERC) ADEOS2-GLIのための、筑波大学水理実験センター実験

樋口篤志(現・千葉大)
飯田真一(現・森林総研)と



太陽高度の(季節)変化が大きなノイズ要因



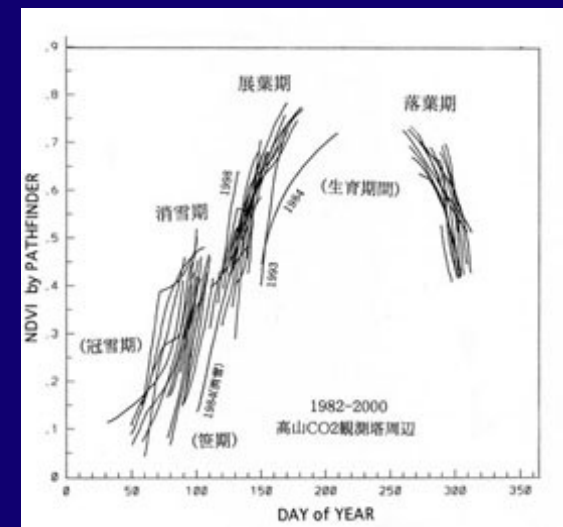
2002/12/26 産総研でのゼミ; 奈佐原(当時西田)発表

「フェノロジー」とリモセン指標

- フェノロジーは衛星の得意技。気候変動に良く応答する。
- 様々な衛星指標→様々なフェノロジーに対応。
- どの指標が何を表すか?特に、フラックスは?

「フェノロジー」のリモセンの問題

- 太陽高度の季節変化を補正・除去する必要がある。
 - キャンピー放射伝達モデルと生態モデルの結合
 - 太陽高度変化に対して強い指標の開発
- 実際の植生のどの物理量に対応しているのか?
 - キャンピー放射伝達モデルと生態モデルの結合
 - 現地観測



高山サイトのNDVIの季節変動
蒲生稔氏のウェブサイトより。
<http://staff.aist.go.jp/old-gamo/2-1phetop-.htm>

PENのはじまり

2002~ 環境省S1プロジェクト開始。

「21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究」
リモセン関係者 土田(AIST), 小熊(NIES), 岩崎(東大), 西田, etc.

2003 春 S1プロジェクト アドバイザリボード会議

福嶋義宏先生:「いまいちリモセンがうまく入れていない。みんなもっとリモセンと一緒にやったら？」的な発言

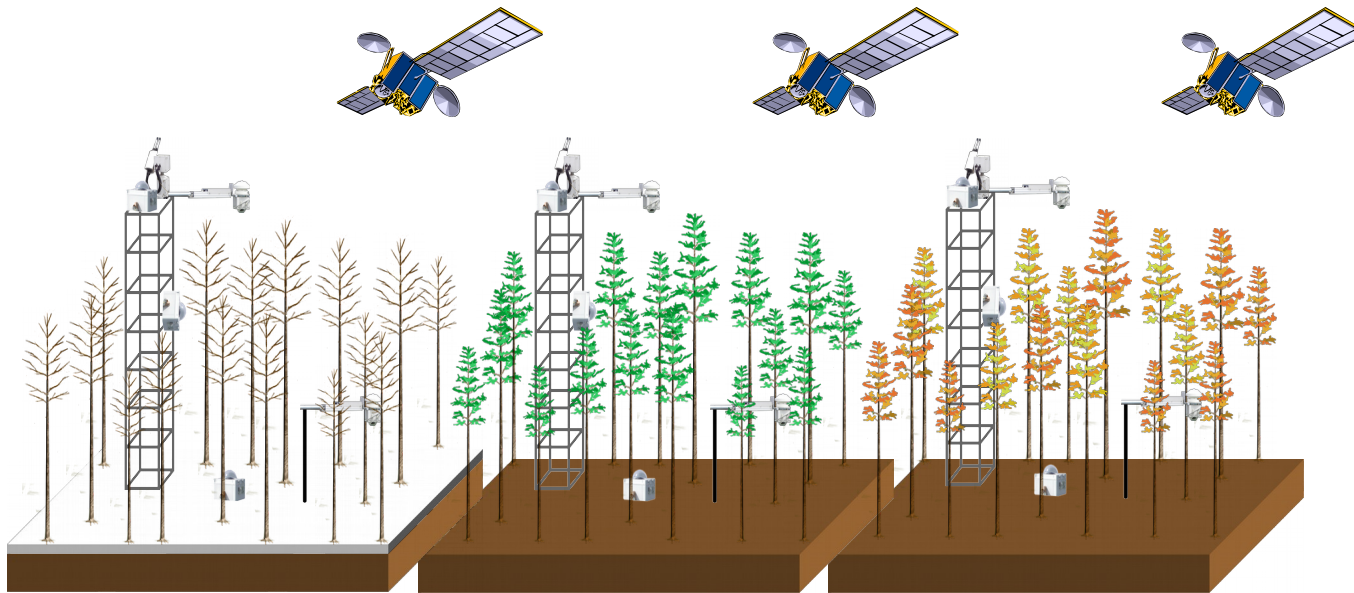
→ S1のリモセン屋に走る衝撃「これはヤバイ...」

→ その夜, 近場の飲み屋で作戦会議 (たぶん三枝さんがやろうと言い出した)
三枝・山形・土田・小熊・西田ほか

→ 結局リモセンが役に立つのってフェノロジー情報じゃね? せっかくフラックスサイトがいっぱいあるんだし, リモセンとフラックスサイトのフェノロジーをちゃんと対応づけてみよう。

Phenological Eyes Network

2003~

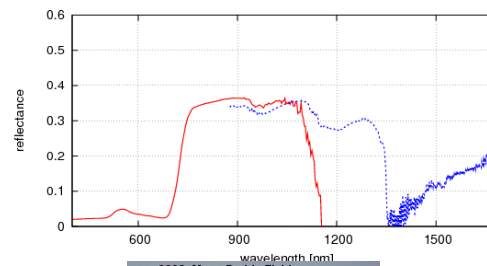


A continuous, biology-oriented, ground truth network for remote sensing

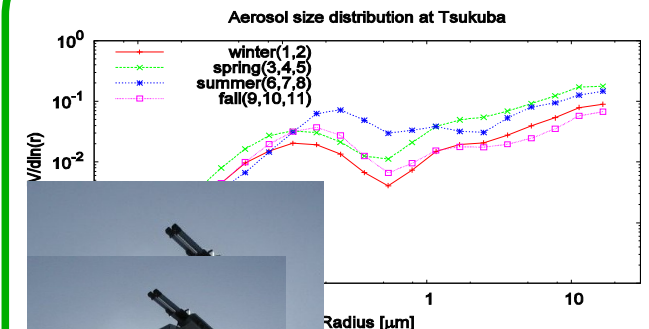
Automatic Digital Fish-Eye Camera



Automatic spectrometer
(VIS/NIR/SWIR)



Sunphotometer (for aerosol)

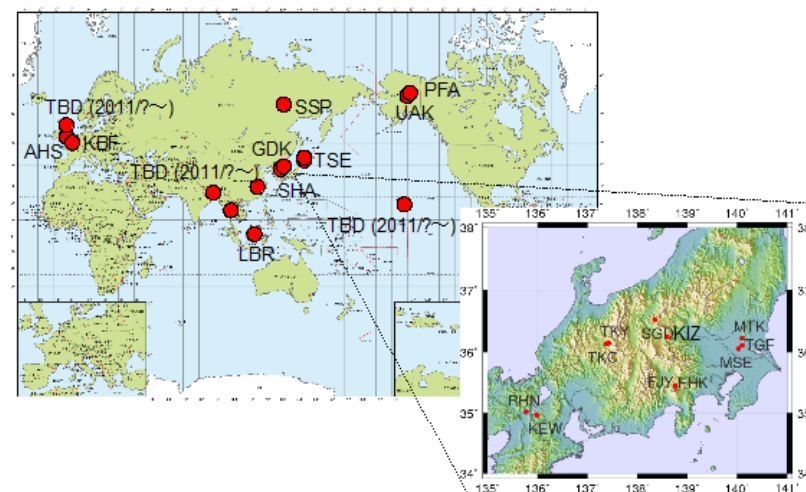
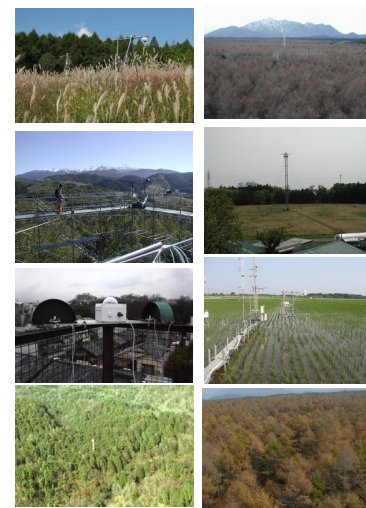


2013/10/25
高山サイト20周年記念
WS

List of PEN sites

ID	Country	Type	Year	Instruments
AHS	UK	DBF	2009-	ADFC.
AI7	Japan	urban	2004 only.	Sky ADFC.
EGT	Thailand	mixed	1999-2003.	film camera.
GDK	Korea	DBF	2009-	ADFC, HSSR
FHK	Japan	DNF	2005-	ADFC, HSSR, SP.
FJY	Japan	ENF	2009-	ADFC.
HVT	Hawaii	EBF	2012-	ADFC.
JND	China	rice	2010-	ADFC.
KBF	Germany	DBF	2010-	ADFC.
KFS	Egypt	rice	2011-	ADFC.
KIZ	Japan	DBF	2009-	ADFC.
KEW	Japan	ENF	2004-	ADFC, HSSR.
LBR	Malaysia	EBF	2009-	ADFC.
MSE	Japan	rice	2005-	ADFC, HSSR.
MMF	Japan	mixed	2010-	ADFC.
MTK	Japan	mixed	2008-	ADFC;
PFA	Alaska	ENF	2011-	ADFC.
SSP	Russia	DNF	1997/08/25-2000/10/15	
RHN	Japan	urban	2005-2006.	Sky ADFC
SGD	Japan	grass	2005-	ADFC.
SHA	Korea	DBF	2010-	ADFC.
TFS	Japan	DNF	2004.	Destroyed by a typhoon.
TGF	Japan	grass	2003-	ADFC, HSSR, SP.
TKC	Japan	ENF	2007-	ADFC, HSSR.
TKY	Japan	DBF	2003-	ADFC, HSSR, SP.
TSE	Japan	mixed	2010-	ADFC.
UAK	Alaska	ENF	2010-	ADFC.
YGT	Japan	DNF	2011-	ADFC.

The first PEN



The longest PEN

Most sites have only cameras.

2013/10/25

高山サイト20周年記念

WS PEN friends: about 100 people so far (setting up, system development, database, analysis, presentation, publication, coauthors, etc.)

齋藤啄, 和泉潤, 鈴木力英, 鈴木あづさ, 野田響, 本岡毅, 牧雅康, 保坂, 福島, 武田洋紀, 奈佐原顕郎, 藤島理, 藤沼康実, 土田聡, 田村正行, 中路達郎, 中村良介, 中川奈未子, 中西理絵, 中井裕一郎, 池田崇史, 谷誠, 大久保晋治郎, 村上和隆, 村上浩, 村松加奈子, 村山昌平, 村岡裕由, 曾山, 前田高尚, 川尻浩史, 川戸渉, 石原光則, 石井励一郎, 瑞慶村知佳, 水沼利恵, 森本宏, 松本卓也, 松下文経, 松永恒雄, 小林秀樹, 小泉博, 小杉緑子, 小熊宏之, 秋津朋子, 秋山侃, 児島利治, 山本晋, 山本浩万, 山下恵, 三上寛了, 三枝信子, 高梨聡, 高木健太郎, 溝口康子, 後藤誠二郎, 古海忍, 玉川一郎, 宮田明, 久米篤, 吉野純, 吉村充則, 鞠子茂, 亀井秋秀, 岩男弘毅, 岩崎晃, 関川清広, 関口, 間野正美, 蒲生稔, 下田星児, 永井信, 永井, 羽田野真由美, 井上吉雄, 井手玲子, Wingate, Weltzin, Vienna, Thanyapraneedkul, Tanaka, Suzuki, Son, Richardson, Potitthep, Ninsawat, Mencuccini, Lee, Kim, Grace, Daigo, Busey



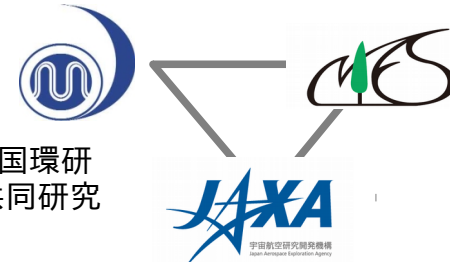
Open voluntary community. No director, No steering committee.

Engineering: Tsuchida (AIST), Maeda (AIST) etc.

Database & website: Nasahara (U Tsukuba), Akitsu (U. Tsukuba), ...

Promotion: Nagai (JAMSTEC), Muraoka (Gifu U), ...

PAR (光合成有効放射) の観測の標準化と, 「PAR/日射」比のモデル構築



JAXA, 高層気象台, 国環研
3者共同研究

2タイプの推奨光量子センサ



ML-020P; PQS1; LI-190; SKP215; IKS-27; PAR-02D; MIJ-14; SQ-110, Encased LI-190

光量子センサ

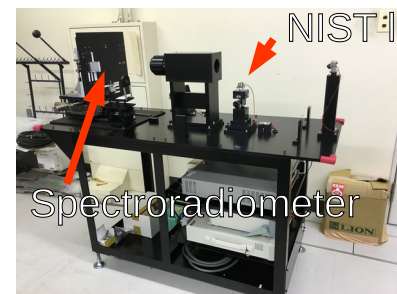
Traceable



Two spectroradiometers

分光放射計

Traceable

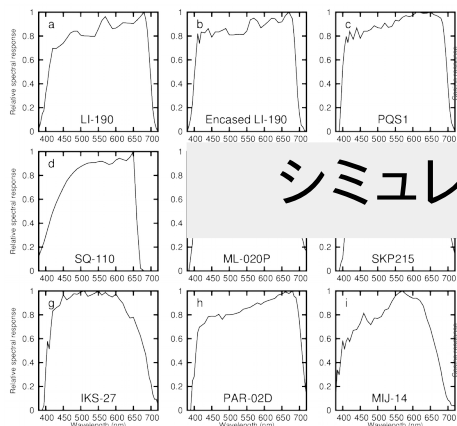


NIST lamp

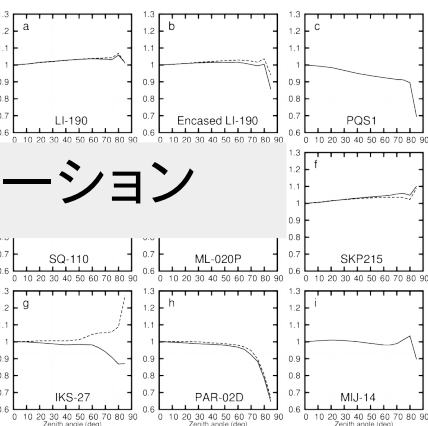
Spectroradiometer

NISTランプ

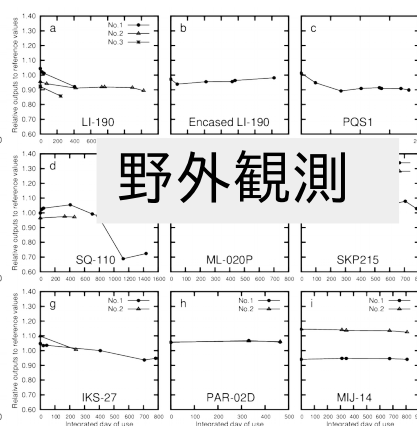
Spectral response



Cosine response



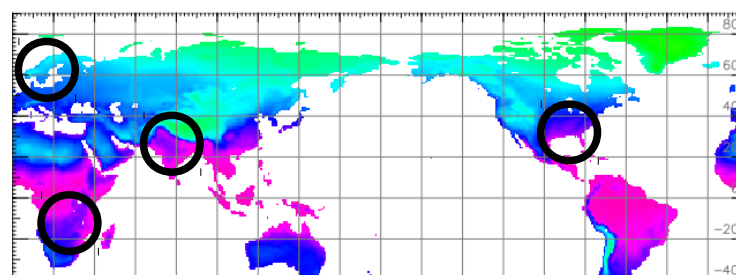
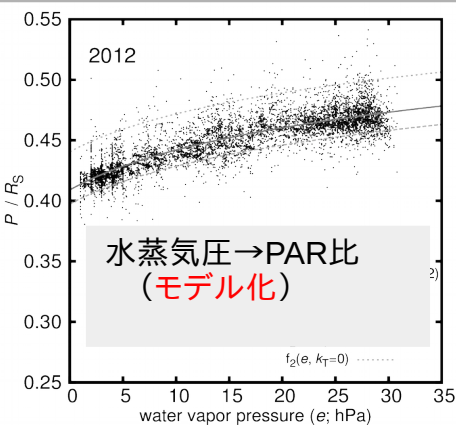
Long-term degradation



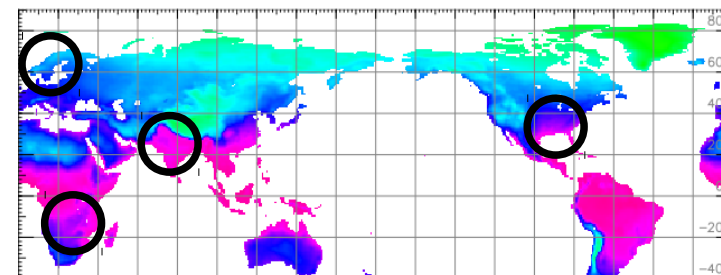
シミュレーション

野外観測

Akitsu et al. (in press).



1997



2014

PAR比の変化を考慮 → GPP推定に, 最大15%の修正!? 今後, ESMとコラボ!

0.400 0.425 0.450 0.475 0.500

2009/03/19 ESJ

T13 Matter Flow and Ecosystems: “Satellite Ecology”

みなさん覚えています？

J連携

Networking of Research Communities:

JapanFlux - JaLTER - JAMSTEC - JAXA

Kenlo Nishida Nasahara 奈佐原(西田)顕郎

University of Tsukuba 筑波大学

JAXA/EORC 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター (客員)

Gifu University 岐阜大学流域圏科学研究センター (客員)



筑波大学
University of Tsukuba



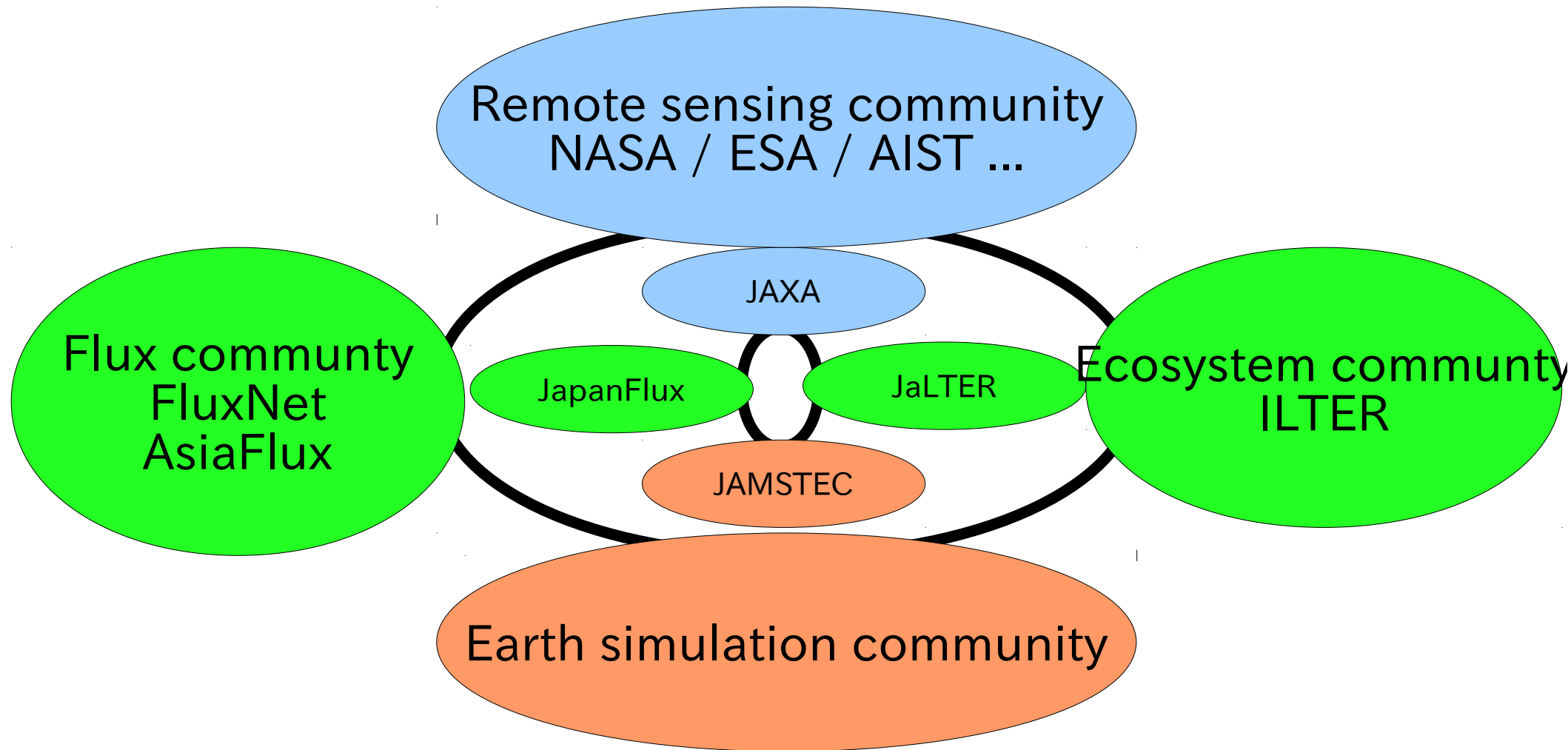
宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency



国立大学法人

岐阜大学

JJJ is a scalable framework!
(upscale/downscale)



Upscale -> international extension / standard protocols
Downscale -> integrated study such as SATECO

海外でも同様の活動が活発化...

特にフラックスサイトでの定点写真自動観察が注目を集めるようになった。

Page 14



Keeping an eye on the carbon balance: linking canopy development and net ecosystem exchange using a webcam

Lisa Wingate, Andrew D. Richardson, Jake F. Weltzin, Kenlo N. Nasahara and John Grace

Why observe phenology within FLUXNET? Phenology is the study of the timing of lifecycle events, especially as influenced by the seasons and by the changes in weather patterns from year to	input to the forest floor. Phenology is a robust integrator of the effects of climate change on natural systems (Schwartz et al., 2006; IPCC 2007), and it is recognized that improved monitoring of phenology on local-to-	phenological networks and flux monitoring networks for the purpose of understanding patterns and processes controlling carbon budgets across a broad range of scales, explicit activities to assess the impact of phenol-	occurred between the Tharandt International Phenological Garden (also one of the 24 GPM gardens) and the nearby Carboeurope-IP site Anchor Station Tharandt over the past 12 years (Niemand et al., 2005; Grünwald
---	---	---	--

FLUXNET Newsletter, 1(2), May 2008

海外からの追い上げ → 「今のうちにPENがイニシアチブをとれ！」

→ しかしPENは現状維持で精一杯 ...

2013/11/26 PENの今後の会議@NIES

自由度を減らすには:「アロメトリ」と「フェノロジー同調性」
アロメトリ: maxLAI, バイオマス, SAI, DBH, 立木密度

管理
サーバー管理
データバックアップ ミラーリング ... GEO Grid
ウェブ管理(コンテンツ): ログ・論文リスト。プレゼンリスト
ML管理
データポリシー
JaLTERへの統合(案) ... 未だ実現せず。

観測機器・システムをもっと堅牢に。長期観測では人手のコストがばかにならない。
省電力化 → 停電でもUPSで持ちこたえる。
Linux化 → 安価・セキュリティ向上・貧弱な通信回線でもモニタリングできる。
特にstand aloneのADFCの安定化を! 時計スレ。
タワーの照り返しの補正 ... 本岡。タワーモデルを。

総合的なキャノピーRTM
スペクトル ↔ LAI, 光合成特性, etc.
季節変化・樹種混合を考慮。
フェノロジー同調性仮説で自由度を減らす。
TRAC, LAI-2000で検証。LAIを見るのではなく、透過光分布を見る。
林床MS-700で透過光検証。
可視・赤外・マイクロ波の総合モデルを。... 高橋
500検証実験 3D TLS 3D ALS ヘリ
その他: サイトGIS。蛍光。夜間ストロボ撮影。後継者をどう育てる?

フェノロジー観測
高頻度空中写真 ... TKY, 2006頃。今後はRapid Eyeや...
紅葉の「きれいさ」評価
音フェノロジー(初鳴き。セミ) ... 永井さんアイデア
樹液流速と組み合わせたい。

フェノロジーモデル
→ 土地被覆分類のキーになる。
種ごと・地域ごとに作ろう。ミズナラ・ブナ・カラマツ・ススキ
展葉・落葉だけでなく、その他のこまかいイベントもモデル化しよう。

フェノロジー同調性仮説
自由度を減らすことが目的。
LAIの季節変化と色素量の季節変化の同調性: 樹種ごとに違うはず。生態学的に
もっともらしい説明ができるのでは。
Nasahara et al. (2008)法で、色素やC/Nの検討が可能。
地下フェノロジー(細根)と地上フェノロジーの同調は? Leeさん@高山

積雪分布
高頻度中分解能 x 低頻度高分解能 x 雪型仮説 → 高頻度高分解能積雪(融雪)マップ
昔の写真の掘り起こし: フェノロジー, 土地被覆
位置・日時をリカバーする。その人が生きているうちに。その後、定期的に定点
写真を。マニュアルPEN
影リモセン
BRDF・アルベド → 空気力学的粗度
雪に写る影から3Dを起こす。

農業
ADFC, HSSRで農事暦観測
VIの季節変化から耕作放棄地の検出 ... ズケムラ・市井
農事暦・作物フェノロジーモデル ... ズケムラ

3D計測
3D TLS ... JAXA/GCOM TKY, TMK, FHK, SGD, TKC, TFS,
3D TLS 自動化 ... 武田さん
3D ALS ... JAXA/ALOS
3D ADFC ステレオ ... 室内実験。江原(卒研)
シュートフェノロジー観測の代替
樹形とそのモデル化 パイプモデルetc.
葉の傾角分布とそのモデル化
CWDの生産を観測。ひと冬を越したらどれだけ枝は減るか?
夏、枝はしなる → 力学モデル。LAIの検証。

HSSR 分光指標実験
MS-712 SWIR指標 (NDWI etc.) ... MSEで本岡。TKYはまだ。
MS-700 ノイズ原因の追求を。
NDVI, EVI, GRVI ... 永井・本岡・井手。主にTKY, TKC, FJH, TFS。TGF, FJYなどはまだ。
ハイパー指標(レッドエッジ指標: Rapid Eyeなど)への対応を。
クロロフィル・カロテノイド指標などへの対応を。

天空ADFC: 雲リモセン
MODIS/ASTER/天空ADFCで。衛星データにおけるsubpixel cloudの検出・統計・影響評価を。
天空ADFC: オリオールメータとしての利用。エアロゾルetc.のセンサーにできないか? 遠景の見え方を解析
→visibility
地形ADFC: 土砂移動・地形変化, 3Dで。井川演習林でテストした。
火山観測。浅間山・乗鞍・焼岳・樽前山・富士山: 気象庁警戒47火山に入っている。積雪期の噴火は危険!
オルソ化: 地形DEMに貼り付ける ... 小熊さん
擾乱ADFC: ナラ枯れ・台風・虫害

PAR観測 標準化 ... 久米・秋津

LAI研究
Nasahara et al. (2008)法。検証情報としてもっと活用できる。
ADFC全写真 ... 三上。TKYだけ。Ryu et al., AGFM。キャノピーRTMの援用。天空カメラをリファレンスに。
ADFC枝写真 → 葉寿命を出す → リタートラップと組み合わせ、常緑樹のLAIを。
ADFCはたくさん高頻度でとるべし。ベスト画像の抜き出し。大数の法則。
透過スペクトルからLAI ... 久米。
林床ADFC → 下草のLAI(ササ)とその季節変化
無線LANの通りやすさ(透過)でLAI
準天頂衛星の信号(透過)でLAI
リタートラップの精度評価をしたい。巨大なリタートラップで検証。RFIDの活用?どこから葉が落ちてきてるか? リタートラップと全写真は対応しているか?

葉の形質研究
LMA, 色素, C/N, 分光, 光合成パラメータの同時計測。→データベース化 ... 野田・村岡・奈佐原@TKY, 中路@TMKその他
フェノロジー同調性仮説。自由度を減らす! 樹種・地理条件等考慮。
PROSPECT2よりも良いものを。PRIMULS?
C/N比の長期モニタリング。大気CO2変化への応答は? サンプルの定期採取と保存を。

繁殖器官の放射伝達: リモセンにおける、花・穂・実・花粉等の検出と影響評価。
花分光・穂分光の測定 (FieldSpec + 積分球) ... 野田。イネ・セイタカ
放射伝達モデルで評価 ... 村上和隆。イネ。

PENの成功 … ともかく15年ほど続いた(続いてる)こと。

- 初期段階の基本システムの作りこみ・標準化がうまくいった。

観測機材 (分光計, カメラ, スカイラジオメータ) ... 産総研・土田聡さんらの功績。

3つの主機材。シンプルで安定。商品にもなった(カメラケース, 回転装置)。

衛星開発のカルチャーが生きた?

→ 機材のストック・サイト間共有, ノウハウの共有と蓄積

データベース

ファイルの命名規則, ディレクトリ構成の標準化。シンプル。

作業記録の蓄積・共有

→ 作業の効率化・新人トレーニングの効率化・データ品質管理の容易化

一部データの一般公開

→ ユーザー・サポーターを呼びこむ。

- センサーメーカーとの協力

分光放射計(MS-700)には, いろいろあった。

PARセンサーにも, いろいろあった。

センサーはメーカーと研究者が協力して作り上げていくもの。

複数メーカーの存在は必須(英弘精機, プリード, ...)

PENの成功 … ともかく15年ほど続いた(続いてる)こと。

- プロジェクトのサポートが途切れなかった。

環境省S1プロジェクト (2002～2006)

JAXA GCOM-Cプロジェクト (2008～現在)

岐阜大学21世紀COE

その他

- 中心で働く人材を確保できた。

土田聡 (AIST) … システム開発

永井信 (JAMSTEC) … サイト拡張・現場作業・論文書き・コミュニティ拡張

秋津朋子 (筑波大) … 機材管理・データベース管理

野田響 (NIES) … 機材管理・データベース管理

- 各サイトでいっしょに働いてくれる人材がいた。

齋藤琢, 中路達朗, 井出玲子, 小林秀樹, 小野圭介, ...

- アカデミアでPENをバックアップ・サポートしてくれる人材がいた。

村岡裕由, 三枝信子, 安岡善文, ...



Nasahara KN, Nagai S (2015) Development of an in-situ observation network for terrestrial ecological remote sensing — the Phenological Eyes Network (PEN). Ecological Research, DOI 10.1007/s11284-014-1239-x [PDF]

Nagai S, Yoshitake S, Inoue T, Suzuki R, Muraoka H, Nasahara KN, Saitoh TM (2014) Year-to-year blooming phenology observation by using time-lapse digital camera images. Journal of Agricultural Meteorology, 70(3), 163-170. [PDF]

Nagai S, Saitoh TM, Nasahara KN, Suzuki R (2014) Spatio-temporal distribution of the timing of start and end of growing season along vertical and horizontal gradients in Japan. International Journal of Biometeorology, DOI 10.1007/s00484-014-0822-8. [Link]

Mizunuma, T., Mencuccini, M., Wingate, L., Ogee, J., Nichol, C., Grace, J. (2014). Sensitivity of colour indices for discriminating leaf colours from digital photographs. Methods in Ecology and Evolution, 5: 1078-1085. doi: 10.1111/2041-210X.12260

Nagai S, Inoue T, Ohtsuka T, Kobayashi H, Kurumado K, Muraoka H, Nasahara KN (2014) Relationship between spatio-temporal characteristics of leaf-fall phenology and seasonal variations in near surface- and satellite-observed vegetation indices in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest in Japan. International Journal of Remote Sensing, 35(10), 3520-3536, <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.907937>.

Tomoharu Inoue, Shin Nagai, Taku M. Saitoh, Hiroyuki Muraoka, Kenlo N. Nasahara, Hiroshi Koizumi (2014) Detection of the different characteristics of year-to-year variation in foliage phenology among deciduous broad-leaved tree species by using daily continuous canopy surface images. Ecological Informatics 22, 58-68.

Mizuuchi H, Hiyama T, Ohta T, Nasahara KN (2014) Evaluation of the surface water distribution in north-central Namibia based on MODIS and AMSR series. Remote Sensing, 6, 7660-7682; doi:10.3390/rs6087660

Nagai S, Saitoh TM, Nasahara KN, Suzuki R (2014) Spatio-temporal distribution of the timing of start and end of growing season along vertical and horizontal gradients in Japan. International Journal of Biometeorology, DOI 10.1007/s00484-014-0822-8.

石原光則・井上吉雄・小野圭介・秋津朋子・奈佐原顕郎 (2014) 異種光学衛星センサによる水田観測データの一貫性に関する比較分析. 日本リモートセンシング学会誌, 34(1), 22-32.

Nagai S., Saitoh T.M., Kurumado K., Tamagawa I., Kobayashi H., Inoue T., Suzuki R., Gamo M., Muraoka H., Nasahara K.N. (2013) Detection of bio-meteorological year-to-year variation by using digital canopy surface images of a deciduous broad-leaved forest. SOLA, Vol. 9, 106-110, doi:10.2151/sola.2013-024.

Sugiura, K., Nagai, S., Nakai, T., Suzuki, R. (2013). Application of time-lapse digital imagery for ground-truth verification of satellite indices in the boreal forests of Alaska. Polar Science, 7(2), 149-161. doi:10.1016/j.polar.2013.02.003

Potitthep, S., Nagai, S., Nasahara, K. N., Muraoka, H., Suzuki, R. (2013). Two separate periods of the LAI - VIs relationships using in situ measurements in a deciduous broadleaf forest. Agricultural and Forest Meteorology, 169, 148-155.

Noda, H. M., Motohka, T., Murakami, K., Muraoka, H., Nasahara, K. N. (2013). Accurate measurement of optical properties of narrow leaves and conifer needles with a typical integrating sphere and spectroradiometer. Plant, Cell Environment, 36(10), 1903-9. doi:10.1111/pce.12100

Nagai, S., Saitoh, T. M., Noh, N. J., Yoon, T. K., Kobayashi, H., Suzuki, R., Muraoka, H. (2013). Utility of information in photographs taken upwards from the floor of closed-canopy deciduous broadleaved and closed-canopy evergreen coniferous forests for continuous observation of canopy phenology. Ecological Informatics, 18, 10-19. doi:10.1016/j.ecoinf.2013.05.005

Nagai, S., Nakai, T., Saitoh, T. M., Busey, R. C., Kobayashi, H., Suzuki, R., Kim, Y. (2013). Seasonal changes in camera-based indices from an open canopy black spruce forest in Alaska, and comparison with indices from a closed canopy evergreen coniferous forest in Japan. Polar Science, 7(2), 125-135. doi:10.1016/j.polar.2012.12.001

Mizunuma, T., Wilkinson, M., Eaton, E. L., Mencuccini, M., Morison, J. I. L., Grace, J. (2013). The relationship between carbon dioxide uptake and canopy colour from two camera systems in a deciduous forest in southern England. Functional Ecology, 27(1), 196-207. doi:10.1111/1365-2435.12026

Hadano, M., Nasahara, K. N., Motohka, T., Noda, H. M., Murakami, K., Hosaka, M. (2013). High-resolution prediction of leaf onset date in Japan in the 21st century under the IPCC A1B scenario. Ecology and Evolution, 3(6), 1798-807. doi:10.1002/ece3.575 [PDF]

Thanyapraneeikul, J., Muramatsu, K., Daigo, M., Furumi, S., Soyama, N., Nasahara, K. N., Mizoguchi, Y. (2012). A Vegetation Index to Estimate Terrestrial Gross Primary Production Capacity for the Global Change Observation Mission-Climate (GCOM-C)/Second-Generation Global Imager (SGLI) Satellite Sensor. Remote Sensing, 4(12), 3689-3720. doi:10.3390/rs4123689

Saitoh, T. M., Shin, N., Jun, Y., Hiroyuki, M., Nobuko, S., Ichiro, T. (2012). Functional consequences of differences in canopy phenology for the carbon budgets of two cool-temperate forest types: Simulations using the NCAR / LSM model and validation using tower flux and biometric data. Eurasian Journal of Forestry Research, 15(1), 19-30.

Saitoh, T. M., Nagai, S., Saigusa, N., Kobayashi, H., Suzuki, R., Nasahara, K. N., Muraoka, H. (2012). Assessing the use of camera-based indices for characterizing canopy phenology in relation to gross primary production in a deciduous broad-leaved and an evergreen coniferous forest in Japan. Ecological Informatics, 11, 45-54. doi:10.1016/j.ecoinf.2012.05.001

Saitoh, T. M., Nagai, S., Noda, H. M., Muraoka, H., Nasahara, K. N. (2012). Examination of the extinction coefficient in the Beer-Lambert law for an accurate estimation of the forest canopy leaf area index. Forest Science and Technology, 8(2), 67-76. doi:10.1080/21580103.2012.673744

Nagai, S., Saitoh, T. M., Suzuki, R., Nasahara, K. N., Lee, W., Son, Y., Muraoka, H. (2012). The necessity and availability of noise-free daily satellite-observed NDVI during rapid phenological changes in terrestrial ecosystems in East Asia. Forest Science and Technology, 7(4), 37-41.

Nagai, S., Saitoh, T. M., Kobayashi, H., Ishihara, M., Suzuki, R., Motohka, T., Muraoka, H. (2012). In situ examination of the relationship between various vegetation indices and canopy phenology in an evergreen coniferous forest, Japan. International Journal of Remote Sensing, 33(19), 6202-6214.

Muraoka, H., Noda, H. M., Nagai, S., Motohka, T., Saitoh, T. M., Nasahara, K. N., Saigusa, N. (2013). Spectral vegetation indices as the indicator of canopy photosynthetic productivity in a deciduous broadleaf forest. Journal of Plant Ecology, 6(5), 393-407. doi:10.1093/jpe/rps037

Nagai, S., Maeda, T., Gamo, M., Muraoka, H., Suzuki, R., Nasahara, K. N. (2011). Using digital camera images to detect canopy condition of deciduous broad-leaved trees. Plant Ecology Diversity, 4(1), 79-89. doi:10.1080/17550874.2011.579188

村上和隆, 奈佐原顕郎, 秋津朋子, 本岡毅, 永井 信 (2011): 衛星センサの分光仕様が草原の植生指数観測に与える影響, 筑波大学陸域環境研究センター報告, 12, 13-19. [PDF]

Motohka, T., Nasahara, K. N., Murakami, K., Nagai, S. (2011). Evaluation of Sub-Pixel Cloud Noises on MODIS Daily Spectral Indices Based on in situ Measurements. Remote Sensing, 3(12), 1644-1662. doi:10.3390/rs3081644 [PDF]

Mizunuma, T., Koyanagi, T., Mencuccini, M., Nasahara, K. N., Wingate, L., Grace, J. (2011). The comparison of several colour indices for the photographic recording of canopy phenology of Fagus crenata Blume in eastern Japan. Plant Ecology Diversity, 4(1), 67-77. doi:10.1080/17550874.2011.563759

Kume, A., Nasahara, K. N., Nagai, S., Muraoka, H. (2011). The ratio of transmitted near-infrared radiation to photosynthetically active radiation (PAR) increases in proportion to the adsorbed PAR in the canopy. Journal of Plant Research, 124(1), 99-106. doi:10.1007/s10265-010-0346-1

Kume, A., Nasahara, K. N., Nagai, S., Muraoka, H. (2011). Erratum to: The ratio of transmitted near-infrared radiation to photosynthetically active radiation (PAR) increases in proportion to the adsorbed PAR in the canopy. Journal of Plant Research, 124(1), 107-107. doi:10.1007/s10265-010-0365-y

Ide, R., Nakaji, T., Motohka, T., Oguma, H. (2011). Advantages of visible-band spectral remote sensing at both satellite and near-surface scales for monitoring the seasonal dynamics of GPP in a Japanese larch forest. Journal of Agricultural Meteorology, 67(2), 75-84.

Choi J, Kang S, Choi G, Nasahara KN, Motohka T, Lim J-H (2011) Monitoring canopy phenology in a deciduous broadleaf forest using the Phenological Eyes Network (PEN). J. Ecol. Field Biol. 34(2):149-156

瑞慶村知佳, 本岡毅, 奈佐原顕郎 (2011): 人工衛星を用いた水田地帯における耕作放棄地の判別. 日本リモートセンシング学会誌, 31(1), 55-62.

秋津朋子, 奈佐原顕郎, 野田豊, 本岡毅, 村上和隆, 土田聡, 永井信 (2011): 草原の季節変動と年々変動に関するデジタルカメラを用いた長期連続自動観測, 筑波大学陸域環境研究センター報告, 12, 5-12. [PDF]

山下恵, 吉村充則 (2010): 全天画像を用いた空の状態自動識別と地表面入射PAR推定. 日本リモートセンシング学会誌, 30(3), 157-165.

Yamamoto, H., Kamei, A., Nakamura, R., Yamamoto, N., Iwao, K., Tsuchida, S., Sekiguchi, S. (2010). FIELD SENSOR VIRTUAL ORGANIZATION INTEGRATED WITH SATELLITE DATA ON A GEO GRID. Data Science Journal, 8(February), 21-31. [PDF]

Nagai, S., Nasahara, K. N., Muraoka, H., Akiyama, T., Tsuchida, S. (2010). Field experiments to test the use of the normalized-difference vegetation index for phenology detection. Agricultural and Forest Meteorology, 150(2), 152-160. doi:10.1016/j.agrformet.2009.09.010

Muraoka, H., Saigusa, N., Nasahara, K. N., Noda, H., Yoshino, J., Saitoh, T. M., Koizumi, H. (2010). Effects of seasonal and interannual variations in leaf photosynthesis and canopy leaf area index on gross primary production of a cool-temperate deciduous broadleaf forest in Takayama, Japan. Journal of Plant Research, 123(4), 563-76. doi:10.1007/s10265-009-0270-4

Motohka, T., Nasahara, K. N., Oguma, H., Tsuchida, S. (2010). Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. Remote Sensing, 2(10), 2369-2387. doi:10.3390/rs2102369 [PDF]

Ide, R., Oguma, H. (2010). Use of digital cameras for phenological observations. Ecological Informatics, 5(5), 339-347. doi:10.1016/j.ecoinf.2010.07.002

Nasahara, K. N. (2009). Simple Algorithm for Estimation of Photosynthetically Active Radiation (PAR) Using Satellite Data. Sola, 5, 37-40. doi:10.2151/sola.2009-010

Nagai, S., Saigusa, N., Muraoka, H., Nasahara, K. N. (2009). What makes the satellite-based EVI-GPP relationship unclear in a deciduous broad-leaved forest? Ecological Research, 25(2), 359-365. doi:10.1007/s11284-009-0663-9

Motohka, T., Nasahara, K. N., Miyata, A., Mano, M., Tsuchida, S. (2009). Evaluation of optical satellite remote sensing for rice paddy phenology in monsoon Asia using a continuous in situ dataset. International Journal of Remote Sensing, 30(17), 4343-4357. doi:10.1080/01431160802549369

山下恵, 吉村充則 (2008): 全天カメラを用いた雲の状態観測手法の開発. 写真測量とリモートセンシング, 47(2),

Wingate, L., Richardson, A. D., Weltzin, J. F., Nasahara, K. N., Grace, J. (2008). Keeping an eye on the carbon balance: linking canopy development and net ecosystem exchange using a webcam. Flux Letter, 1(2), 14-17. [link]

Nasahara, K. N., Muraoka, H., Nagai, S., Mikami, H. (2008). Vertical integration of leaf area index in a Japanese deciduous broad-leaved forest. Agricultural and Forest Meteorology, 148(6-7), 1136-1146. doi:10.1016/j.agrformet.2008.02.011

Nakaji, T., Ide, R., Takagi, K., Kosugi, Y., Ohkubo, S., Nasahara, K. N., Oguma, H. (2008). Utility of spectral vegetation indices for estimation of light conversion efficiency in coniferous forests in Japan. Agricultural and Forest Meteorology, 148, 776-787. doi:10.1016/j.agrformet.2007.11.006

永井信, 奈佐原 (西田) 顕郎, 石原光則, 村岡裕由 (2008): 衛星観測で得られた植生指数に対する生理生態学的な考察. システム農学 (J. JASS), 24(3), pp. 183-190.

牧雅康, 後藤誠二郎, 石原光則, 西田顕郎, 児島利治, 秋山侃 (2008): 衛星データと数値植高モデル(DEM)を用いた潜在的ササ分布図の作成. 日本リモートセンシング学会誌, 28(1), 28-35.

Nishida, K. (2007). Phenological Eyes Network (PEN) --- A validation network for remote sensing of the terrestrial ecosystems. Asiaflux Newsletter, 9-13.

中西理絵, 小杉緑子, 大久保晋治郎, 西田顕郎, 小熊宏之, 高梨聡, 谷誠(2006): 温帯ヒノキ林における分光反射指標PRI (photochemical reflectance index) の季節変動. 水文・水資源学会誌, 19(6), 475-482.

石原光則, 松永恒雄, 土田聡, 西田顕郎, 小熊宏之, 田村正行(2006): MODIS波長特性を考慮したPhotochemical Reflectance Indexの代替指標に関する研究--地上観測分光反射率データを用いた検証--. 日本リモートセンシング学会誌, 26(2), 125-137.

土田聡, 西田顕郎, 岩男弘毅, 川戸渉, 小熊宏之, 岩崎晃 (2005): Phenological Eyes Network -- 衛星による地球環境観測のための地上検証ネットワーク --. 日本リモートセンシング学会誌, 25(3), 282-288, 2005.

JAXA super sites 500 (JSS500)

– large scale ecological observation sites for satellite validation –

