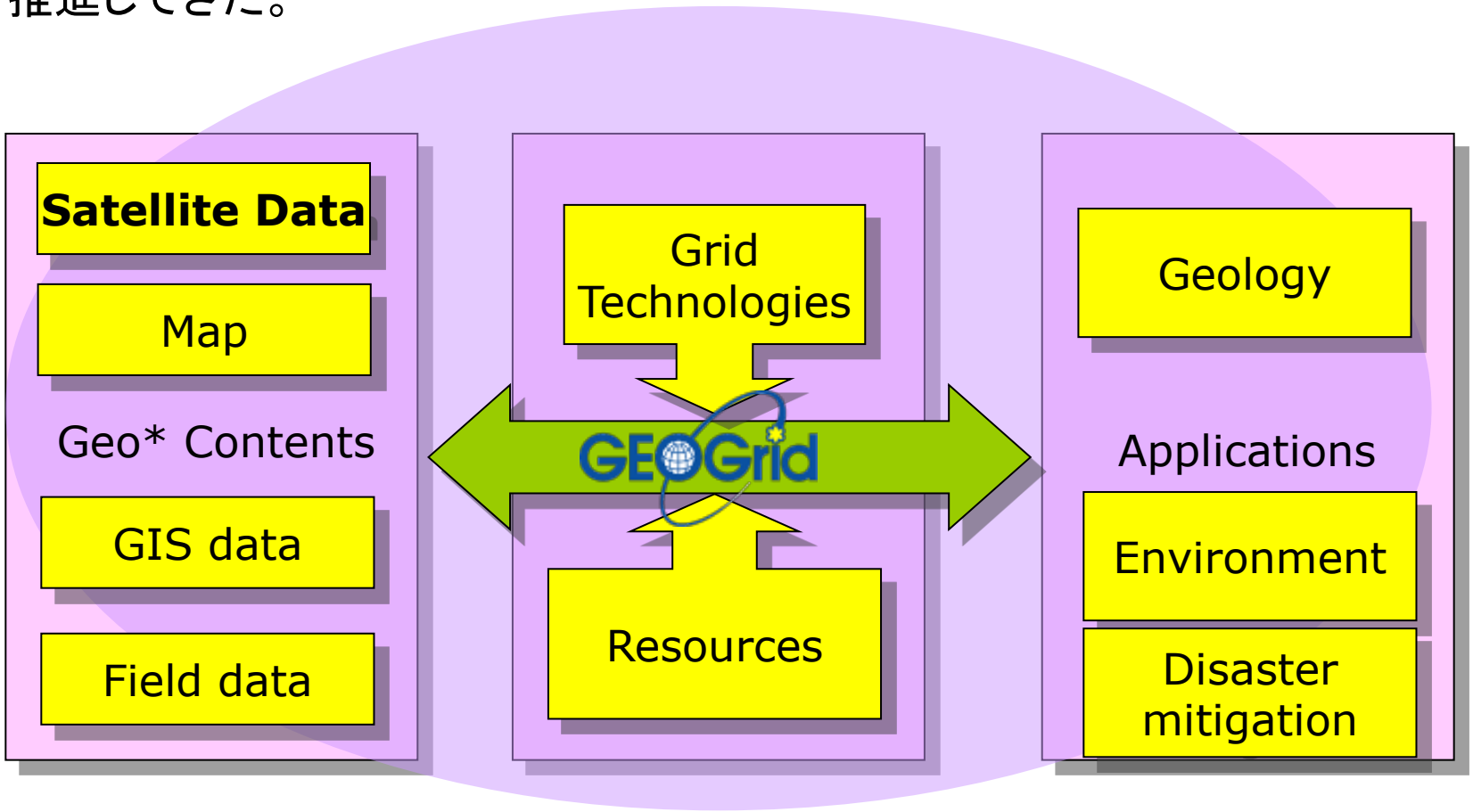
GEO Gridから サイエンスクラウドへ

独立行政法人　産業技術総合研究所
情報技術研究部門
田中　良夫

GEO Grid

- 2005年にスタートした産総研のプロジェクト
- グリッド技術を用いて様々な地球観測データを統合し、環境、防災など様々な応用分野に適用しようという、デザインかつコンセプト
- グリッドのキラーアプリとして、また、産総研の分野融合課題として、積極的に推進してきた。

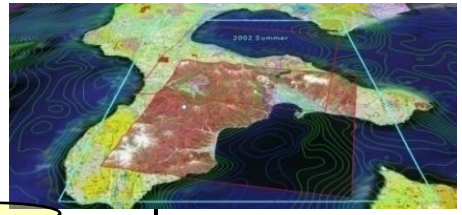


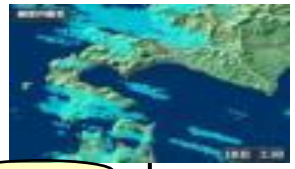
シナリオ例： ハザードマップ作成

Visualize Hi-Resolution Hazard Map

GIS Data

Rain Sensors

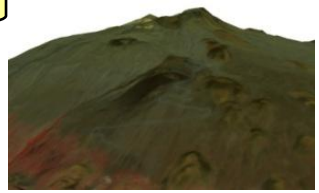


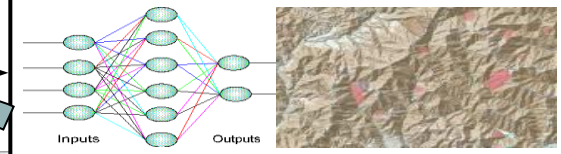


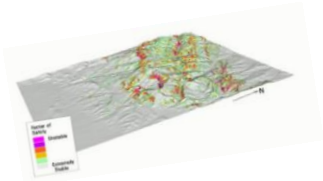
GEO

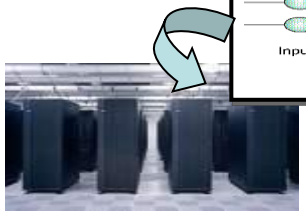
MET

ASTER





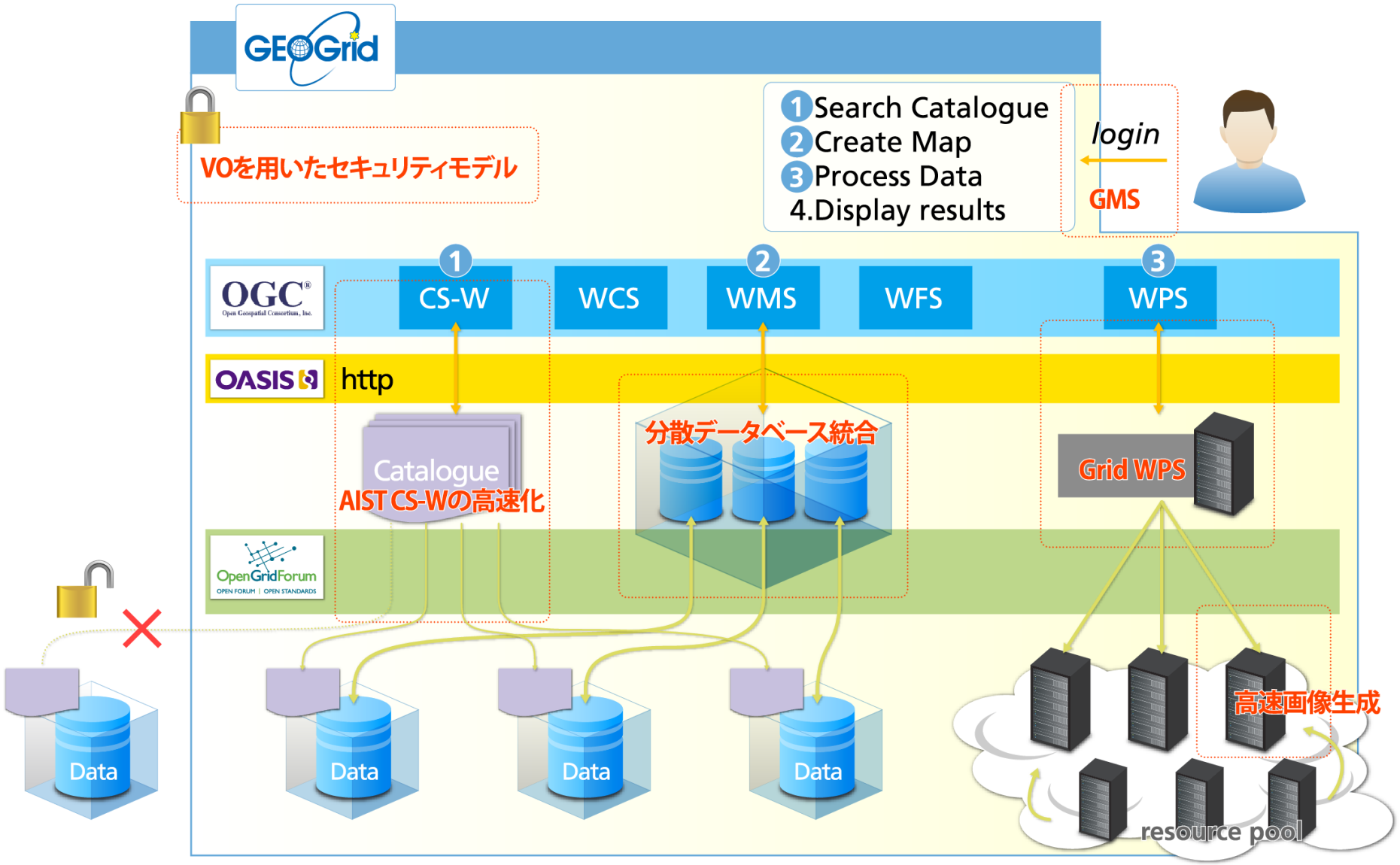




Digital Elevation Map
Created by
ASTER Satellite Images

Neural-Map based Data Mining
/ Landslide Simulation on
Large Cluster Computers

GEO GridのGridたる所以



By courtesy of S.Sekiguchi

話の内容

- GEO Gridの最近の動向・成果
  - アジアGEO Gridイニシアチブ
    - GEO Gridの国際展開
    - 衛星データと地上センサーデータの統合
- GEO Gridからサイエンスクラウドへ
  - グリッド v.s. クラウド
  - 実際に何をやっているか
  - データクラウドに関する考察
- 時間があれば．．．GEO Gridの動向・成果のおまけ
  - 高性能地理情報システム
    - ステレオマッチングソフトウェアの高速化
    - 岩田健司さん@産総研．情報技術研究部門の仕事

平成22年度科学技術振興調整費採択課題

アジアGEO Gridイニシアチブ

代表機関

独立行政法人　産業技術総合研究所

参画機関

独立行政法人　国立環境研究所

社会的背景と取り組む問題

■地球温暖化などの環境問題、水資源管理、災害対策などは全地球的な問題として認識されている

- □地球観測サミット（2005年）における「**全球地球観測システム（GEOSS）10年計画**」の策定宣言
- □洞爺湖サミット（2008年）の首脳宣言に「観測、予測及びデータ共有を強化することにより、**GEOSSの枠内の努力を加速する**」ことが盛り込まれた。

■気候変動に対して脆弱なアジア諸国において、気候変動への対処は**政策的に取り組んでいく必要性が高い**。

© GEO

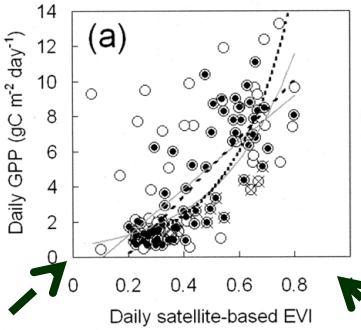
これらの問題を解決するためには、地球を取り巻く多種多様なデータを総動員して課題遂行にあたる必要がある。

○代表機関名
独立行政法人産業技術総合研究所
○参画機関
独立行政法人国立環境研究所
ベトナム： VAST
タイ： NECTEC
台湾： NCHC

1. カタログ検索
2. データ取得
3. データ処理
4. 結果習得・視覚化

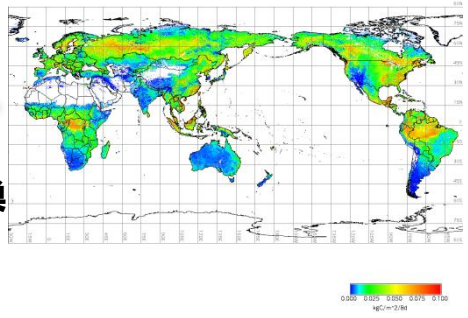
二酸化炭素フラックス観測データと衛星データ統合の利用例

地上観測データによる衛星観測の校正

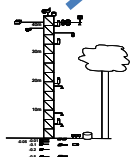
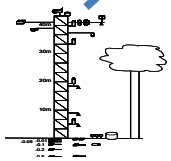
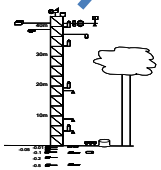
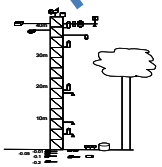


観測地と同型の植生に適用・置換

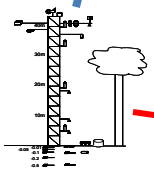
地上観測サイトのデータを用いて校正したグローバルな二酸化炭素収支マップ

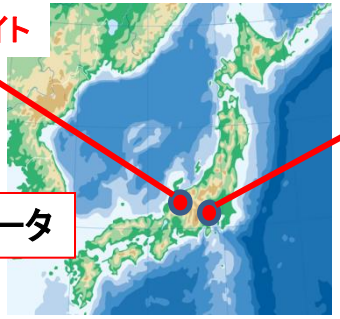


実施内容：グリッド技術を用いて、アジア諸国が保有する地球観測に関わるデータベースや計算機資源を共有するGEO Gridをアジア地域に構築する。

タイ国サケラートサイト
台湾リンファーチサイト
高山サイト
富士北麓サイト

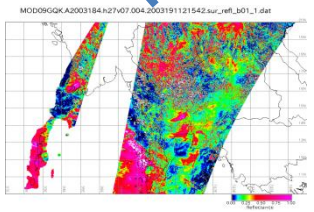




フラックス観測データ

タイ国メクロンサイト

自動撮像型魚眼デジタルカメラデータ



衛星観測地表反射スペクトルデータ

AsiaFlux: アジアにおけるフラックス観測ネットワーク

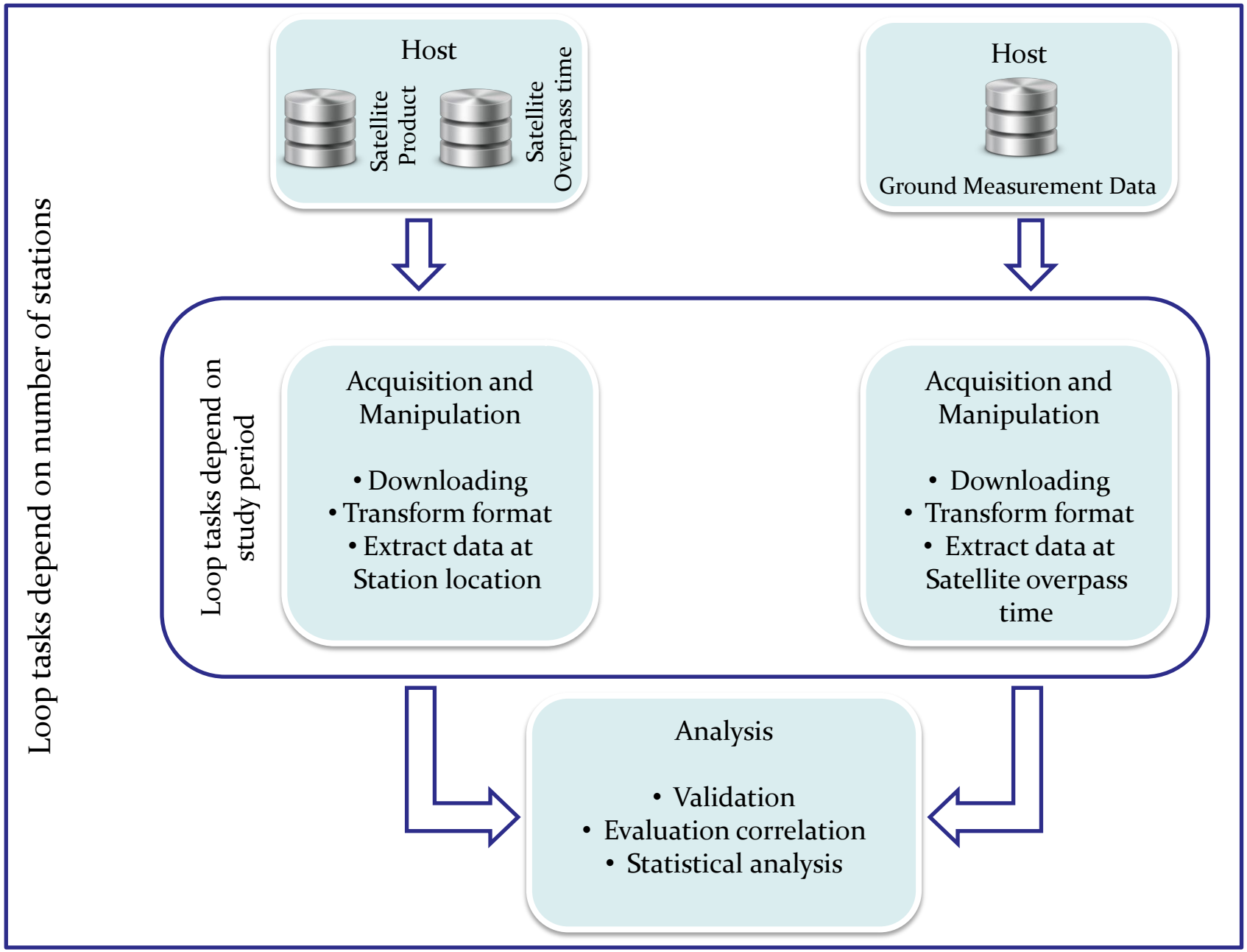
応用例

Satellite Field Integrator [SFI]

Case Study : Estimated Surface Air Temperature (ESAT)

― MODIS DataとLive E!データの統合利用 ―

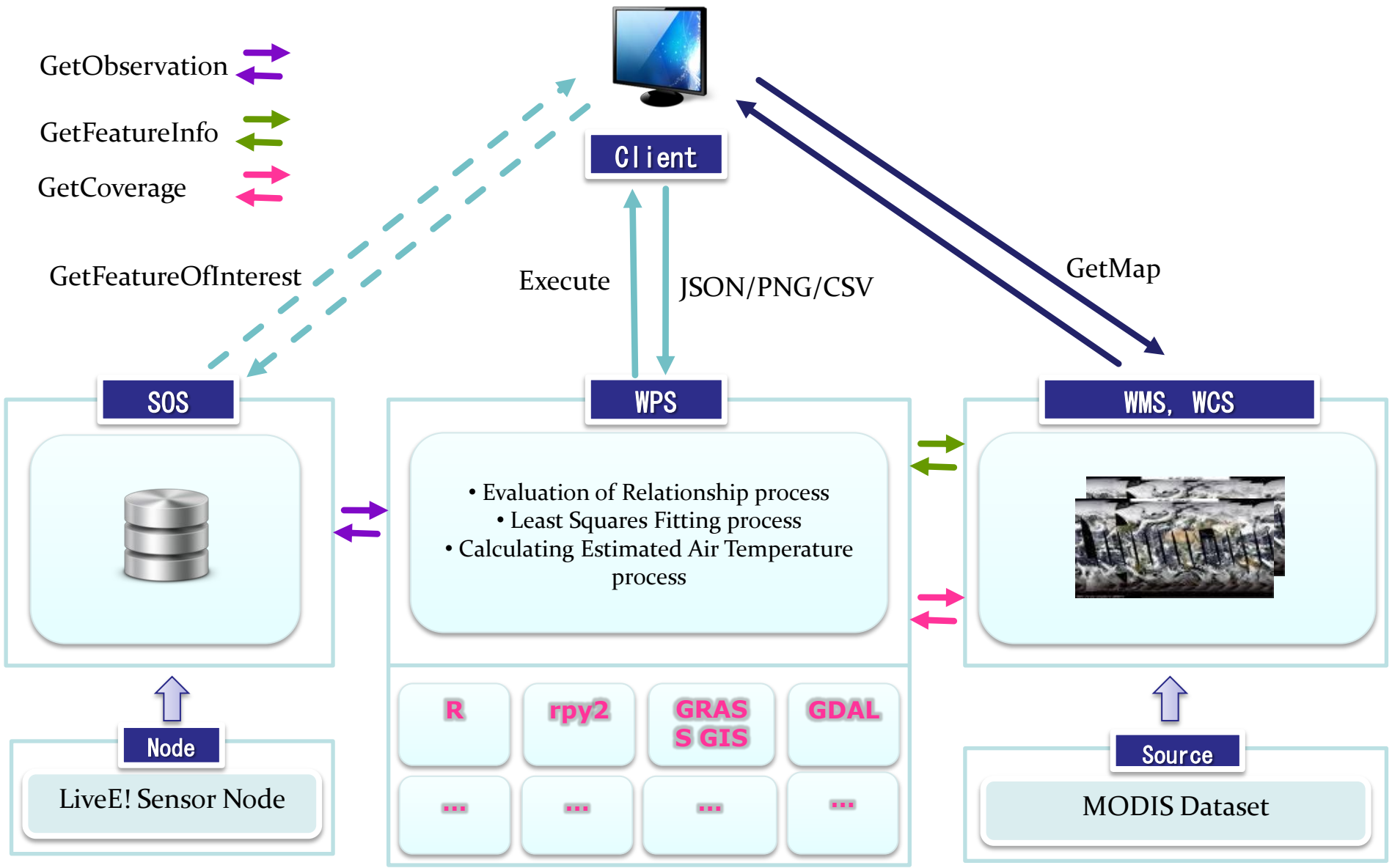
Traditional Workflow



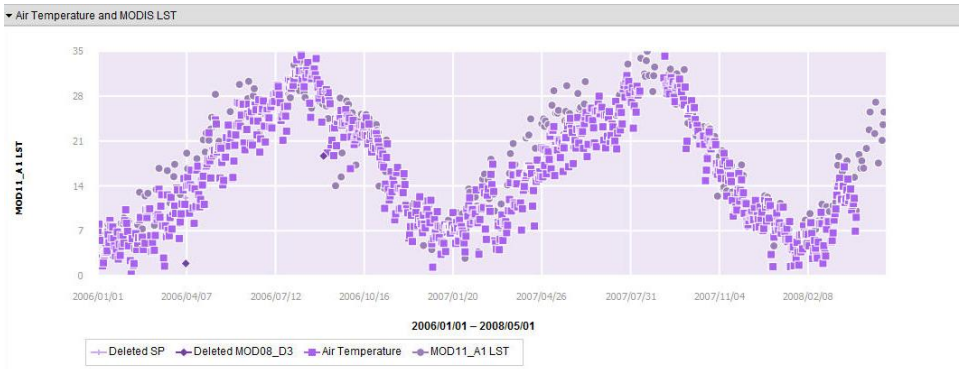
Satellite Field Integrator (SFI)

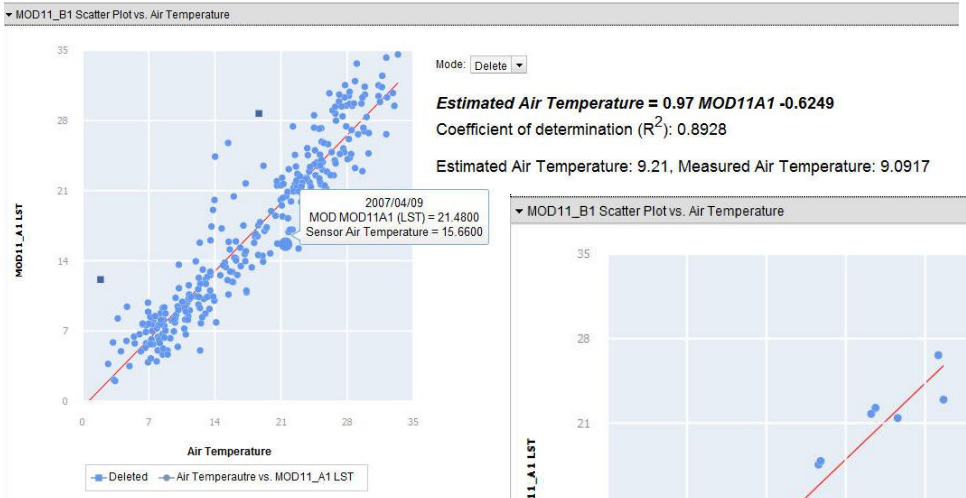
- データ収集、操作、処理の煩雑さを軽減するフレームワーク
  - 衛星データや地上観測データの非均質なデータ形式を処理可能
  - 新たなデータセットをインクリメンタルに導入可能
  - セキュアなデータアクセスを実現
- OGC標準プロトコルを用いて実装されている
  - Web Mapping Service (WMS)
  - Web Coverage Service (WCS)
  - Sensor Observation Service (SOS)
  - Web Processing Service (WPS)

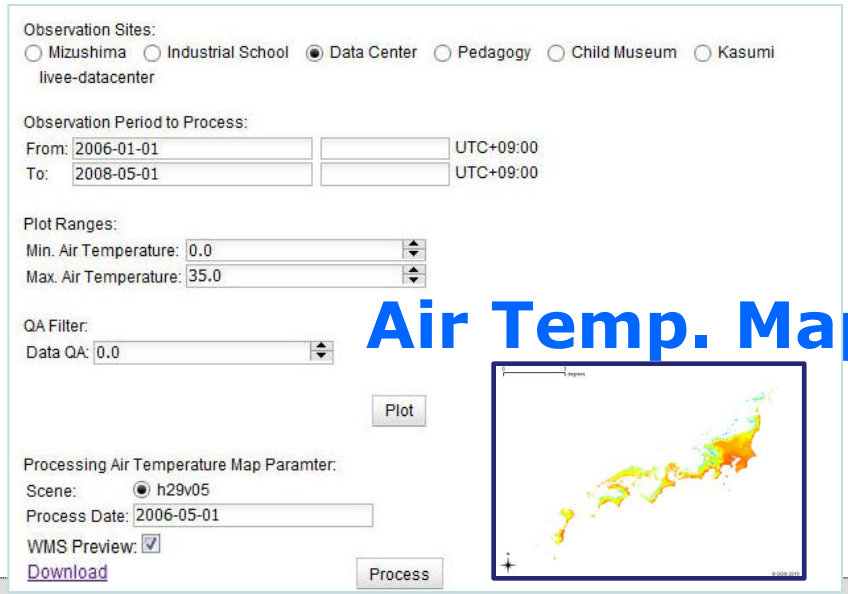
SFI Framework



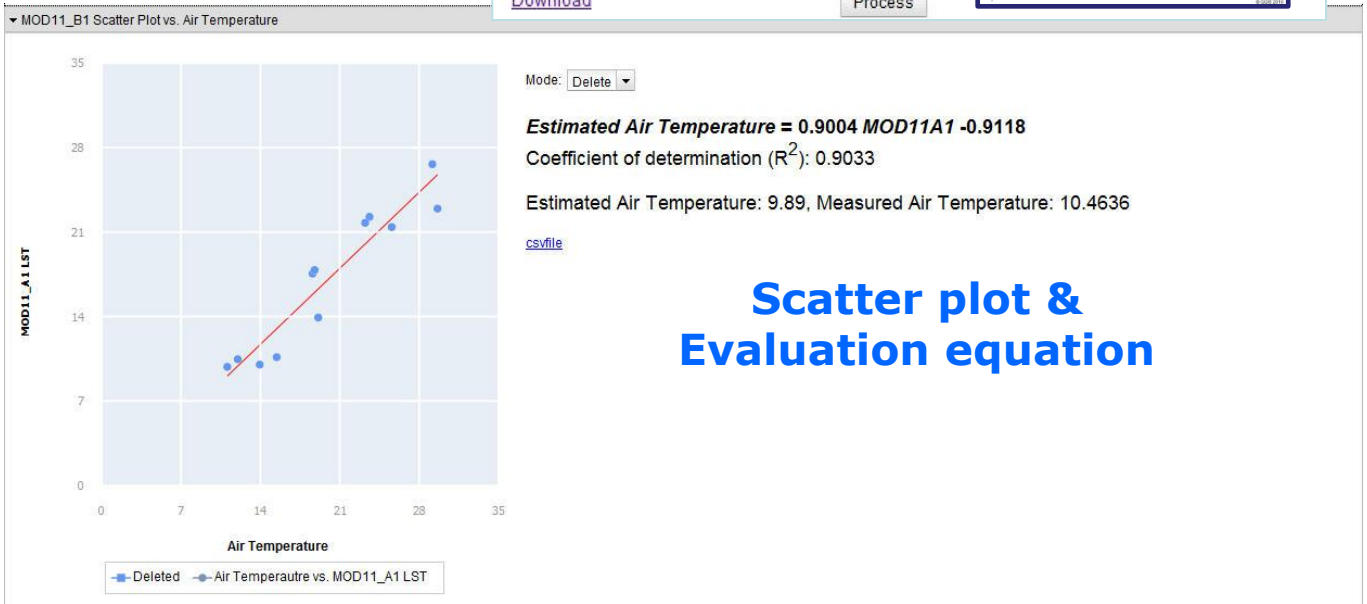
プロトタイプシステム





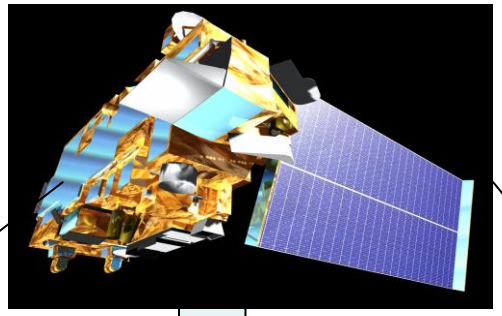


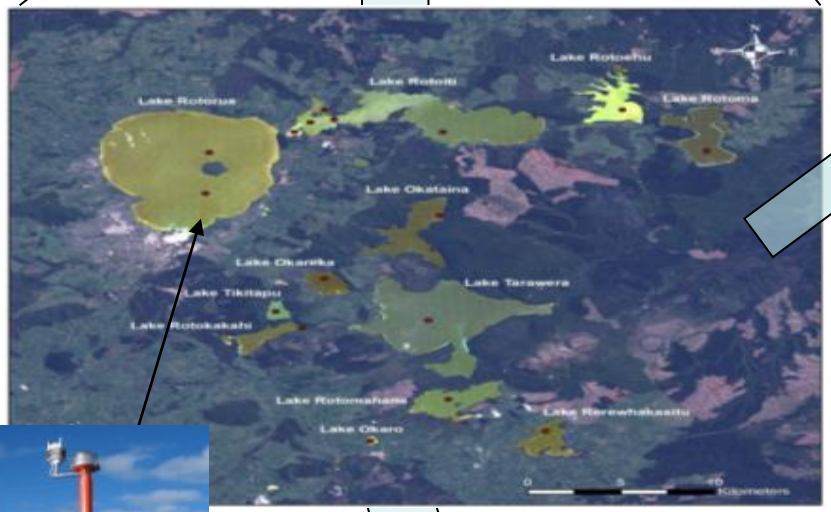
Air Temp. Map

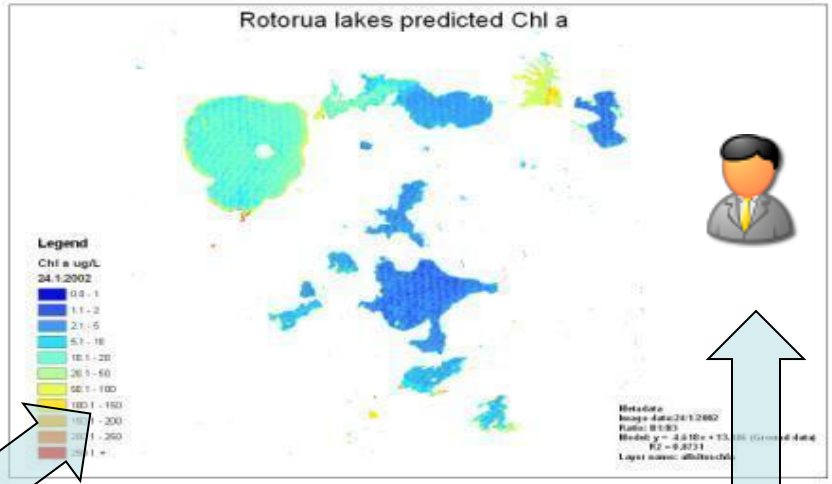


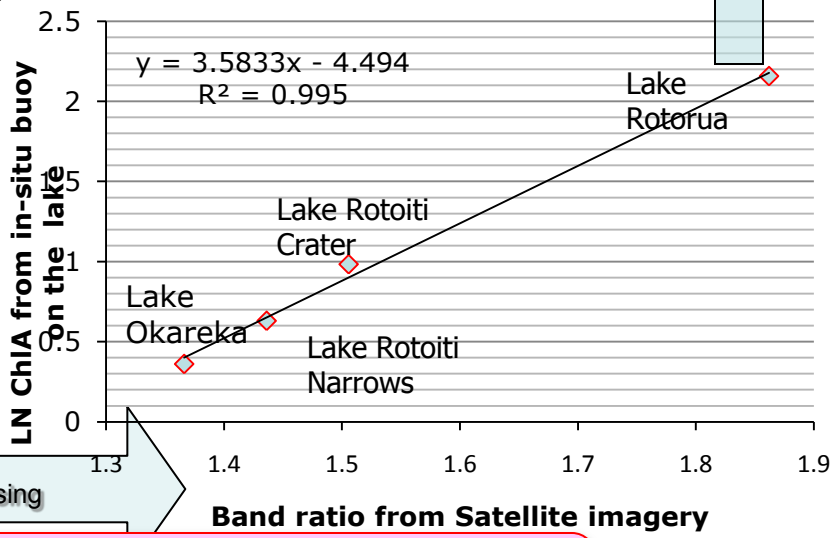
Scatter plot &
Evaluation equation

他にも様々な応用例がある（例：湖のクロロフィル量推定）







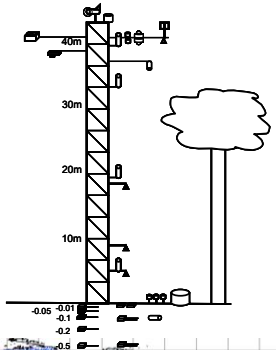


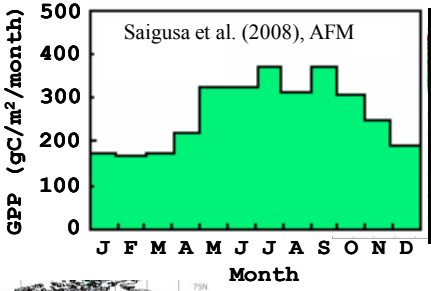
SOS=Sensor Net

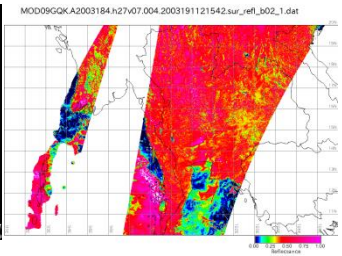
WPS= Satellite data processing

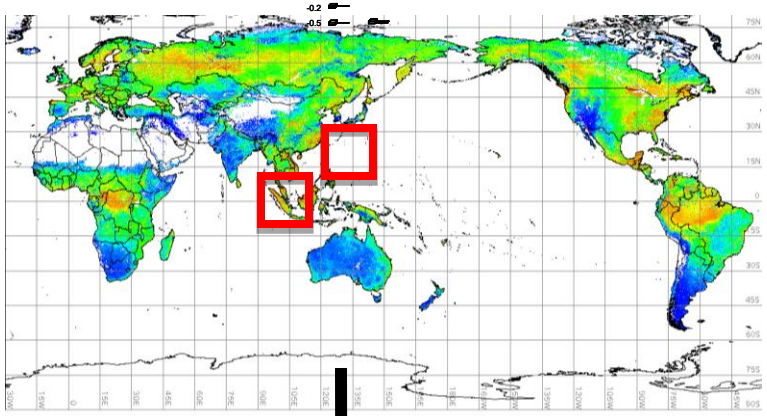
Accurate water quality map production with GLEON

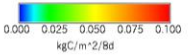
AsiaFluxへの展開





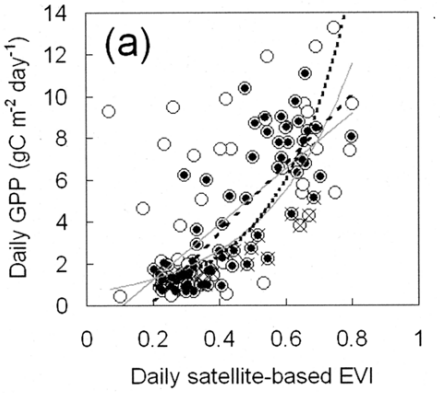






Satellite / Field data study

Applying to same forest type for GPP map.

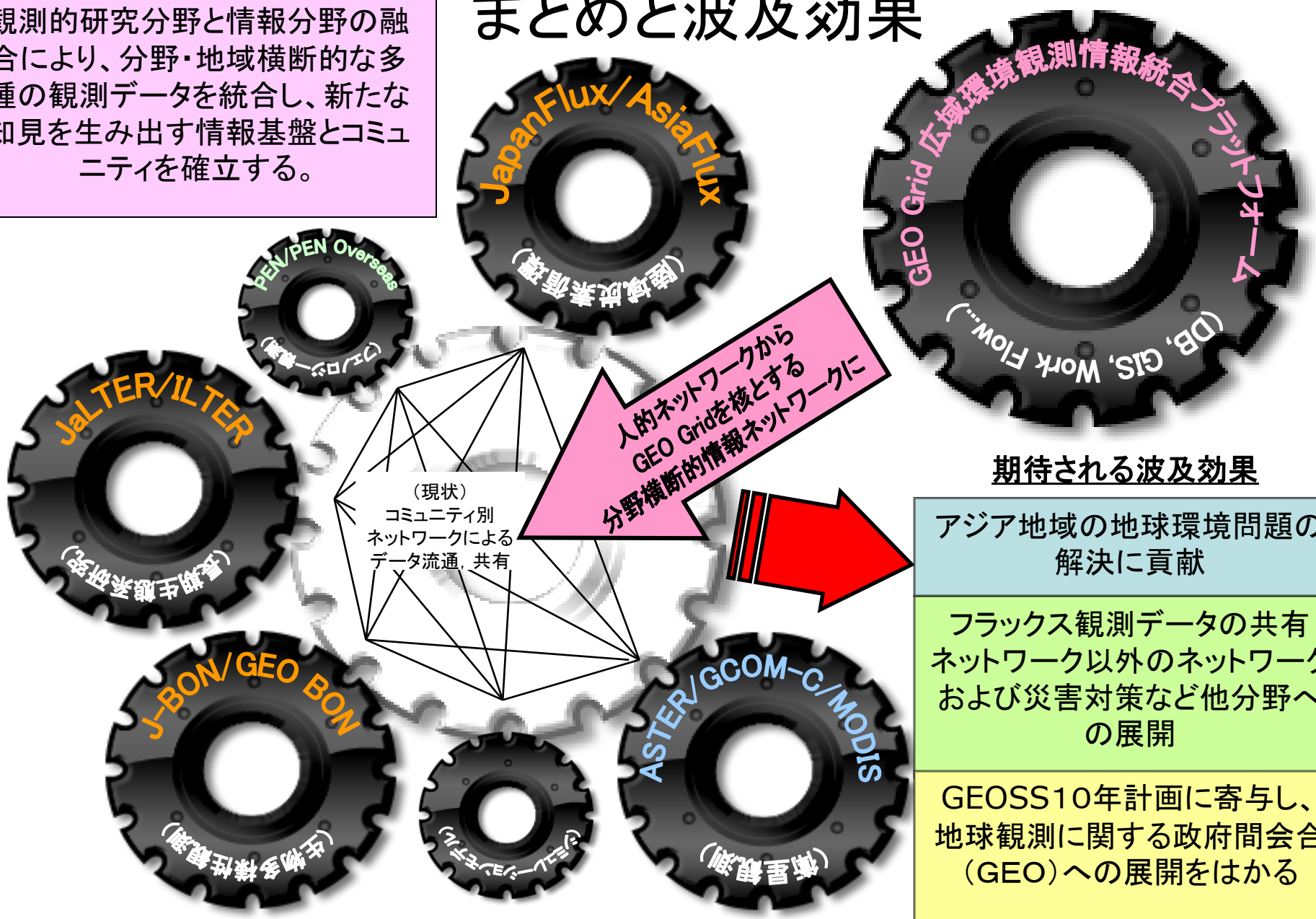


(Nagai et al., submitted to IJRS)

- 日本、台湾、タイのFluxデータと衛星データを統合検索可能にする。
- SFIを発展させ、GEO向けのPaaSにする。
- AsiaFluxへの展開、実利用につなげる。

まとめと波及効果

観測的研究分野と情報分野の融合により、分野・地域横断的な多種の観測データを統合し、新たな知見を生み出す情報基盤とコミュニティを確立する。



期待される波及効果

アジア地域の地球環境問題の解決に貢献

フラックス観測データの共有ネットワーク以外のネットワークおよび災害対策など他分野への展開

GEOSS10年計画に寄与し、地球観測に関する政府間会合（GEO）への展開をはかる

これまでやってきて．．．

- 技術的知見
  - GEOのニーズとグリッドのシーズがうまくマッチした。
  - 要素技術やミドルウェアはある程度枯れていて、設計～実装は１年くらいでてき、実ユーザを取り込んだ実証利用に入れた。
  - まだ、当初予定していたSDK的なものに手がつけられていない。
  - 衛星も地上センサーも、ボキャブラリーをどう揃えていくか、スキーマをどう作っていくかというのが難しい。地上センサーのSOSについては、手作業が大変。
  - 次からのクラウドとあわせて、うまく解決していきたい。
- 非技術的？知見
  - 分野融合は密に連携してお互いを理解していくことが重要
  - データ所有者のデータに対する思い入れは強い
  - 対象アプリは山ほどあるが、どこと密接にやっていくかの判断は難しい。Win-winが必要かつ重要。

話の内容

- GEO Gridの最近の動向・成果
  - アジアGEO Gridイニシアチブ
    - 平成22年度科学技術振興調整費採択課題
    - GEO Gridの国際展開
    - 衛星データと地上センサーデータの統合
- GEO Gridからサイエンスクラウドへ
  - グリッド v.s. クラウド
  - 実際に何をやっているか
  - データクラウドに関する考察
- 時間があれば．．．GEO Gridの動向・成果のおまけ
  - 高性能地理情報システム
    - ステレオマッチングソフトウェアの高速化
    - 岩田健司さん@産総研．情報技術研究部門の仕事

グリッド v.s. クラウド

	グリッド	クラウド
生まれ	1996年？	2006年？
厳密な定義	ない	ない
曖昧な定義	グリッドは広域ネットワーク上の計算、データ、実験装置、センサー、人間などの資源を仮想化・統合し、必要に応じて仮想計算機や仮想組織を動的に形成するためのインフラ。 以下はIan foster氏によるチェックリスト。 ① 集中管理されていない分散した資源のコーディネート ② オープンスタンダードなプロトコルやインターフェースの利用 ③ 単純には得られない質の高いサービスの提供 （グリッド協議会HPより）	以下の条件を満たす情報処理、ネットワーク、ストレージを提供するハードウェアベースのサービス。 ① 利用者にとって、ハードウエアの取り扱い（管理）が、高度に抽象化されている ② 利用者は、インフラのコストを経費として支払う ③ インフラに、非常に柔軟性がある（スケーラビリティーがある） （McKinsey調査レポートより）
語源	電力網	雲

グリッドの基本的なコンセプト

- 組織間でリソース（計算機、データベース、実験装置など）を共有する。
- 複数の組織にまたがった、仮想的な1つの組織（virtual organization, VO)を構築するのがキモ。
  - セキュリティが根本的な技術
  - セキュリティにより、仮想的な「組織」を構築
- 組織間で連携するので、「open & standard」が重要
- 高性能計算、科学技術分野から出てきた技術。
  - 「グリッド＝＝計算」というイメージが強いが、メタコンピューティングはいろいろ厳しい。
    - 性能、耐障害性など現実的な問題
    - 少ないユーザベース
    - データへの展開は明るい
  - ビジネスへの展開は一時騒がれたが全般的には低調。
    - ビジネスでは複数の組織にまたがってうんぬんという要求があまりない。

クラウドの基本的なコンセプト

- データセンター内のリソース（計算機、ストレージなど）を必要に応じ、必要な量だけ、物理的なハードウェアや設置場所を意識させずにユーザに提供する。マルチテナント方式によりリソースの利用効率を向上させる。
  - 仮想化技術が用いられている
  - 組織間での資源共有は、現状では考慮していない
- 組織間での連携は（今のところ）考えていないので、open&standardには興味がない。
  - proprietaryに作って、ユーザを囲い込む
  - 今後の展開は別
- データ処理、ビジネス分野から出てきた技術。
  - 機能を絞って、コンパクトに実装。サクサク動く。＝＝使える。
  - ビジネスアプリケーションをターゲットにしてきたが、最近高性能計算向けのクラウドサービスも提供され始めた（Amazon CCI, CGI）。

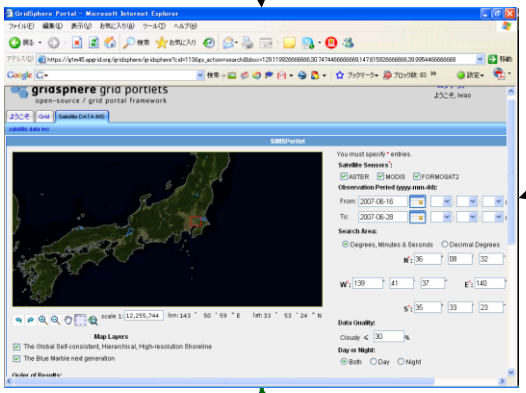
クラウドのなにがうれしいのか？

- 資源提供者の視点
  - 大規模集約によるコストの圧縮
    - 資源コスト，管理コスト
- サービス提供者側の視点
  - 資源保有コスト，リスクなし
  - スケーラブル，ロバスト
  - 安価
- エンドユーザの視点
  - 安価

GEO Gridのサービス

user

login



portal server

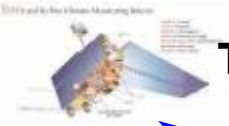
credential

account (GAMA) server

Account DB

VO (VOMS) server

VO DB



Terra/ASTER

TDRS

APAN/TransPAC

AIST

ERSDIS/NASA

GET

query

exec

GSI + VOMS

GSI + VOMS

GSI + VOMS

WFS

WCS

WMS

CSW

OGSA DAI

GRAM

GridFTP

GIS server

map server

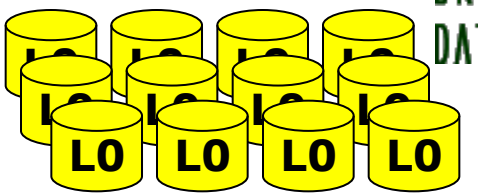
catalogue/ metadata server

gateway server

840TB

GEO Grid Cluster

GRID DATA FARM



Data

Maps

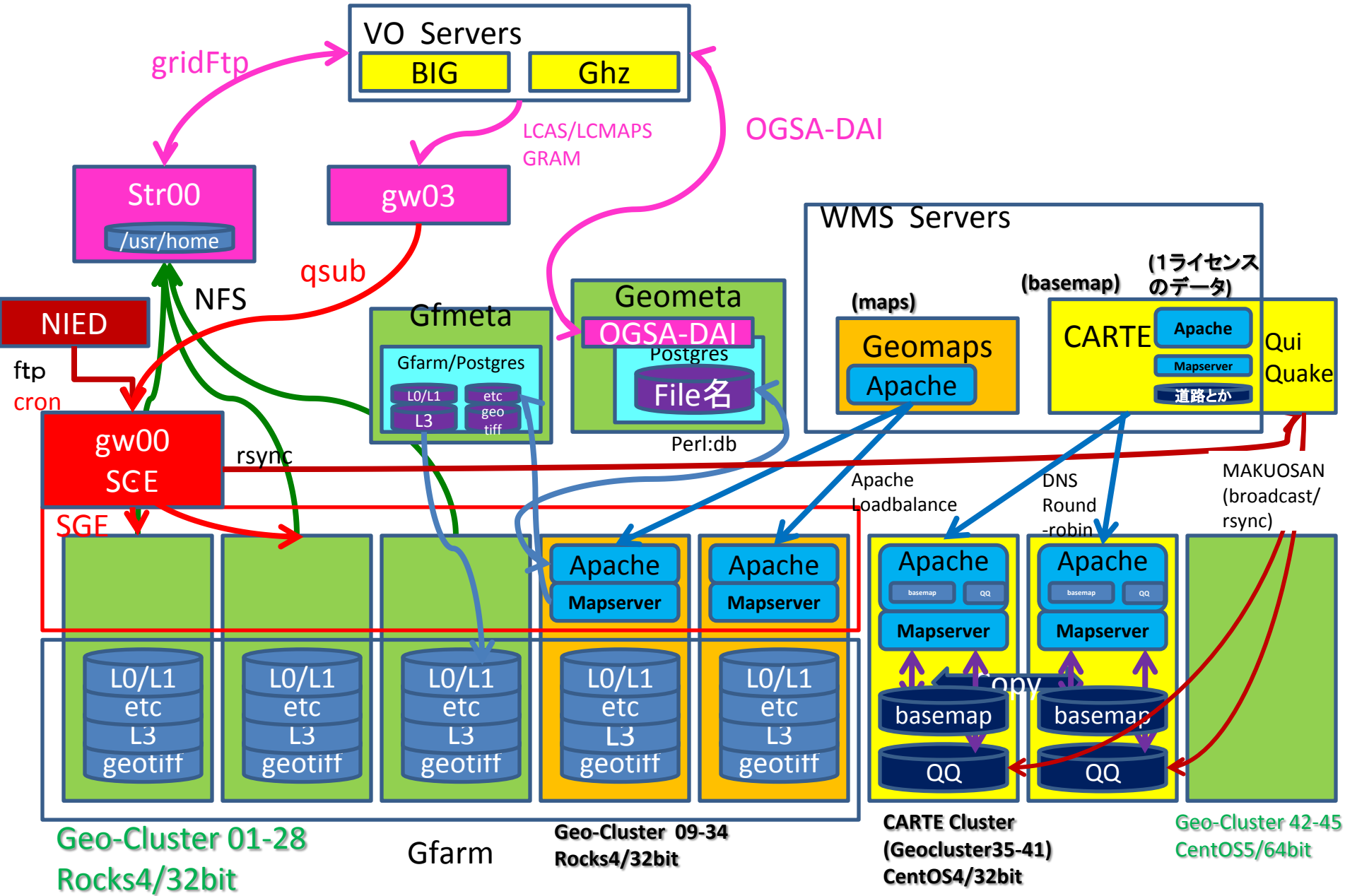
Meta data

Storage

クラウド化の動機

- グリッドプロトコルは必要か？
  - GEOなユーザは、OGC標準な人たち。
- グリッドセキュリティは必要か？
  - 第三者転送にはdelegationが必要。
  - とりあえず残すが、代替技術を検討中。
- システムががっつり作ってあって、複雑だった。
  - データサーバと計算サーバが一体化（ファイルシステムをマウントしていた）
  - 保守が煩雑
  - 拡張性がない
  - よそのリソースを簡単に使えない

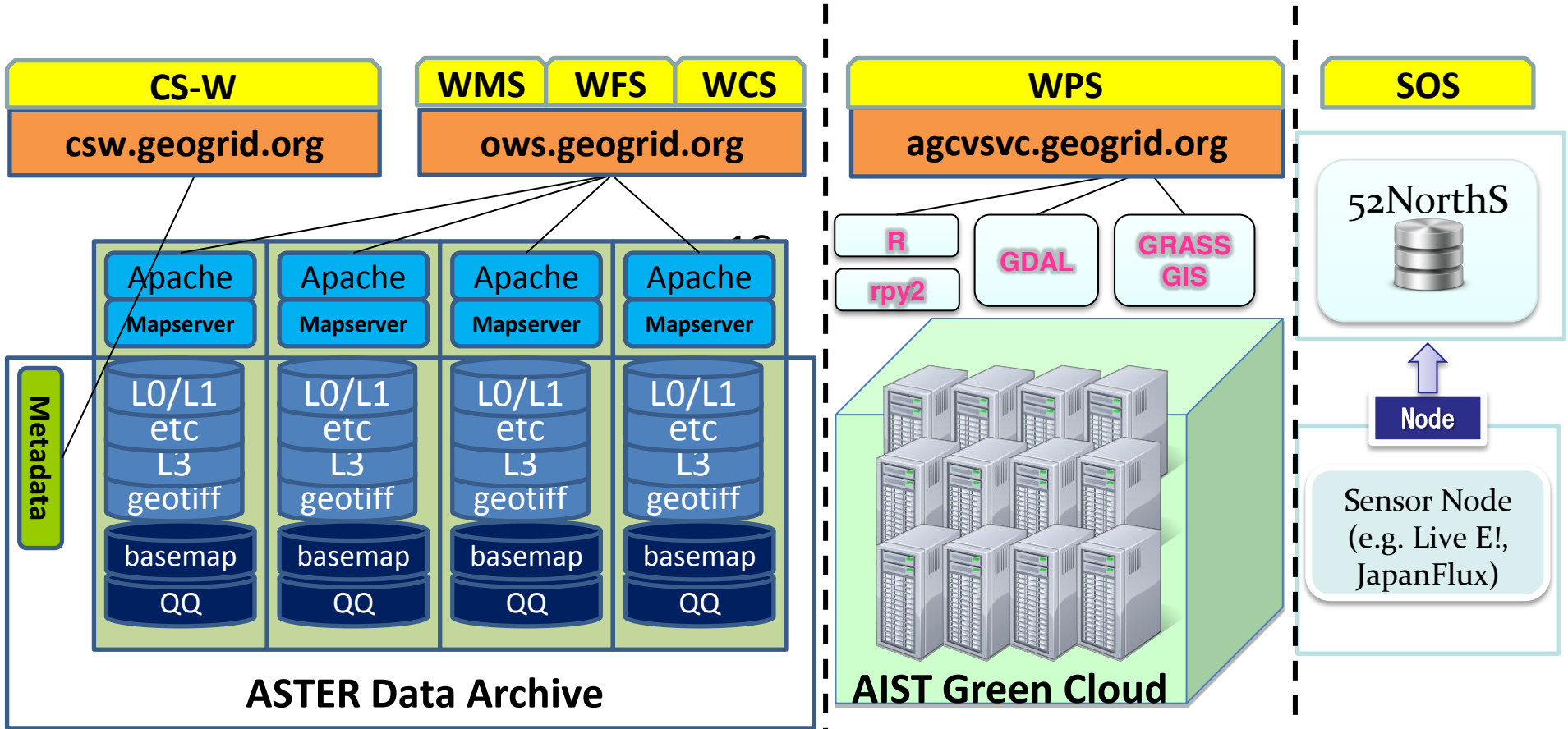
2010年5月時点の構成



やったこと／やっていること

- データサービスと計算サービスの部分を明確に分離。
- 計算サービスについては、仮想クラスタ上で提供。
- 計算サービスの仮想マシンイメージを作成し、他の仮想クラスタ上でも簡単に実行できるようにする。

現在の構成


CS-W
csw.geogrid.org
WMS
WFS
WCS
ows.geogrid.org
WPS
agcvsvc.geogrid.org
SOS
Apache
Mapserver
Apache
Mapserver
Apache
Mapserver
Apache
Mapserver
Metadata
L0/L1
etc
L3
geotiff
L0/L1
etc
L3
geotiff
L0/L1
etc
L3
geotiff
L0/L1
etc
L3
geotiff
basemap
QQ
basemap
QQ
basemap
QQ
basemap
QQ
ASTER Data Archive
R
rpy2
GDAL
GRASS GIS
AIST Green Cloud
52NorthS
Node
Sensor Node
(e.g. Live E!,
JapanFlux)

現在の構成

WPS

別のサイト

CSW
WMS
WFS
WCS

ストレージ

別のサイト

CS-W
csw.geogrid.org

WMS WFS WCS
ows.geogrid.org

WPS
agcvsvc.geogrid.org

SOS

Apache Mapserver
Apache Mapserver
Apache Mapserver
Apache Mapserver

L0/L1 etc L3 geotiff
L0/L1 etc L3 geotiff
L0/L1 etc L3 geotiff
L0/L1 etc L3 geotiff

basemap QQ
basemap QQ
basemap QQ
basemap QQ

Metadata

ASTER Data Archive

R
rpy2
GDAL
GRASS GIS

AIST Green Cloud

52NorthS

Node

Sensor Node
(e.g. Live E!, JapanFlux)

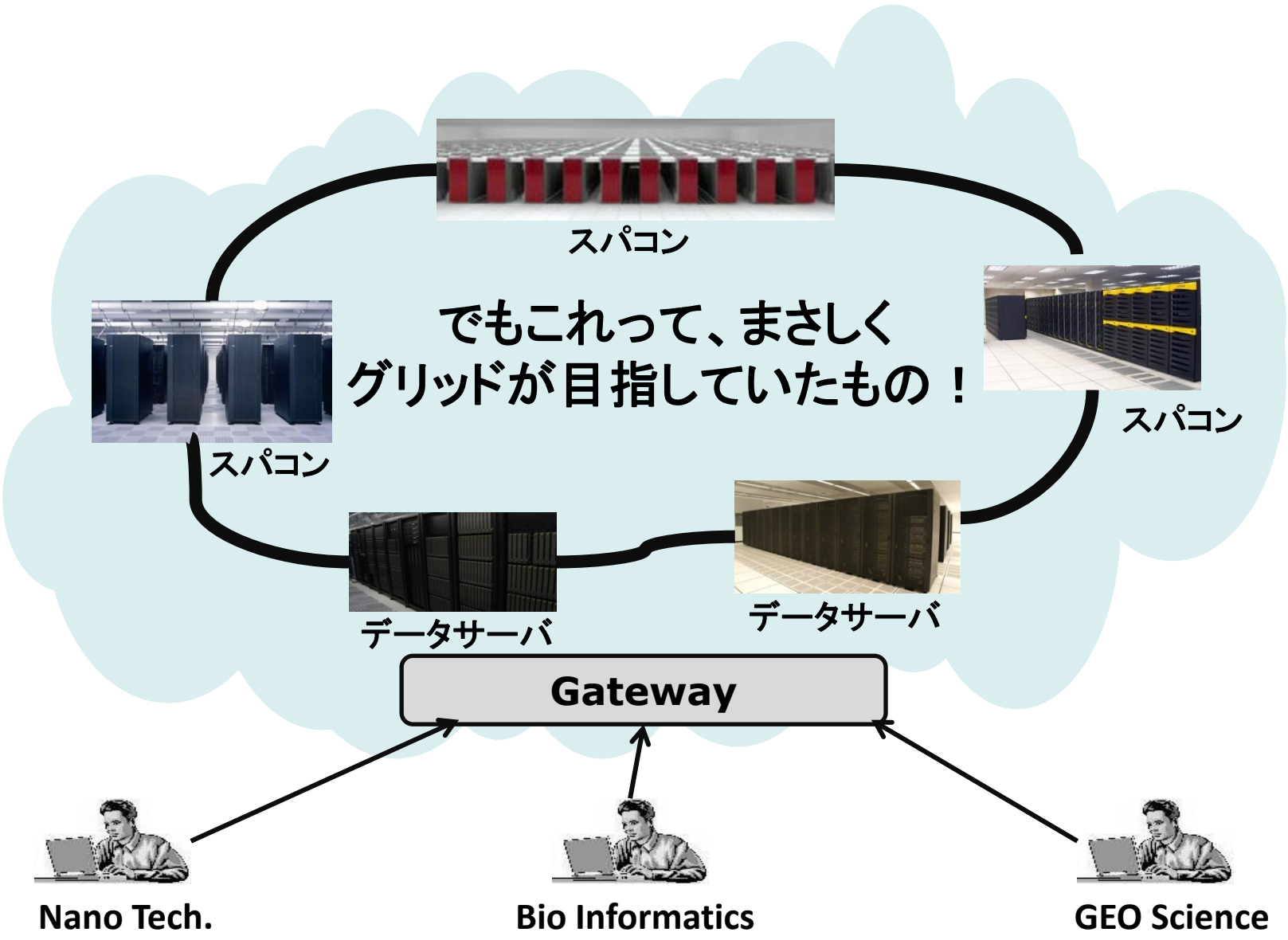
サイエンスクラウドの実現に向けて：目指すもの

- 大規模で柔軟な高性能計算サービスの提供
  - 必要な計算機を必要なだけ利用できる(Pay-as-you-go)モデルに基づく計算サービス
  - アウトソーシングによる応用研究者の計算機維持管理からの解放
  - 最新の並列化技術等によるアプリケーションの高速化

- 大規模なデータの効果的な管理、統合
  - データ量の爆発的増大に対しスケールする基盤：ペタ(10^{15})バイト—エクサ(10^{18})バイト級のデータの格納管理
  - 広域・分散したデータの統合：インターネットで相互接続された世界中にまたがったデータ統合

- データ管理と計算の効果的な連携による科学・技術基盤
  - データの分散配置の効率化による性能向上
  - 広域にまたがったユーザやデータの安全な連携

サイエンスクラウドのイメージ



技術的課題は何か？　－　資源管理系　－

- スパコンの非均質性や、複数台あることを意識せずに簡単に使いたい。
  - グリッドの実証実験では非均質性への対応が非常に手間だった。
  - アプリケーションのインストール、動作確認やシステム設定を1つずつ確認する必要があった。
  - アプリケーションの配備を容易にする技術の開発が必要
    - Build Once, Run Everywhere
- メタスケジューラ、モニタリング
  - 「どこか良いところで勝手にやってくれる」が難しかった。
  - 「ちゃんと動いているかどうか」を確認するのも難しい。
  - ユーザの要求（SLA）に応じた適切なスケジューリングと、動作の状況を監視するモニタリング技術の開発が必要。

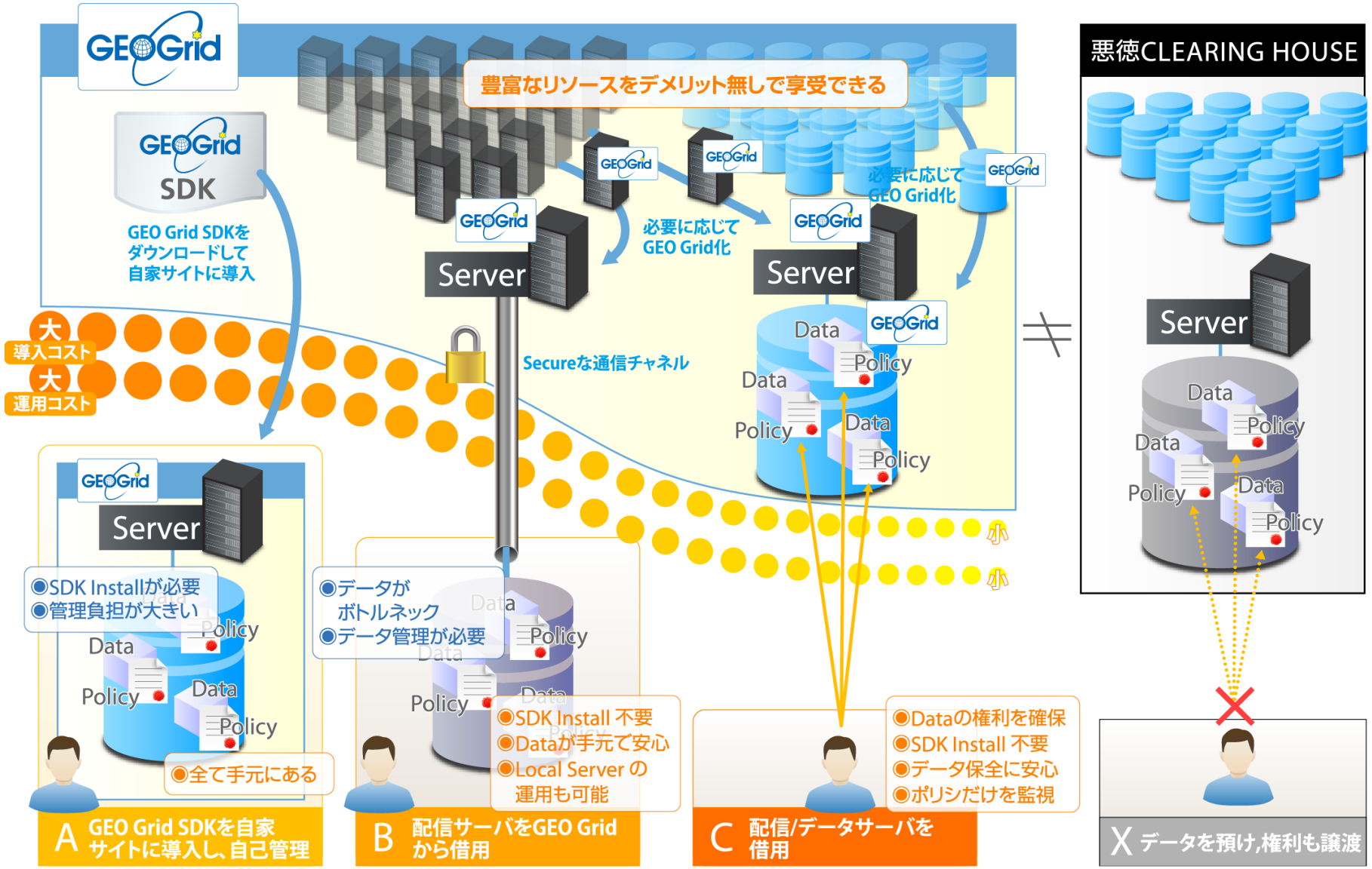
技術的課題は何か？　－　ネットワーク･セキュリティ系　－

- ベストエフォートなインターネットで良いのか？
  - ネットワークもクラウドリソースの対象に
  - 光パスによる帯域保証
- スパコンのネットワークの仮想化
  - IB, Myrinet, 10/100G
  - マルチテナントによる影響をどう扱うか？
- セキュリティは？
  - GSIは偉大な成果だと思うが、本当にPKIベースのGSIが必要か？
  - 保証レベルに応じて様々な認証スキームに対応すべき
  - ID連携

技術的課題は何か？　－　ストレージ系　－

- 複数のスパコンからシームレスに見えるストレージの実現
  - データの入出力やVMイメージの共有に使いたい。
  - S3みたいなクラウドストレージ？
  - 共有／広域ファイルシステム？
  - バックエンドで陰にファイル転送を行ない、シームレスにファイルが見えるようにする？
    - Open Globus
- 10万～100万コアの大規模スパコンに見合う高性能ストレージ
  - Gfarm的アプローチ？
  - 性能保証ストレージ(by　谷村@AIST)？

データクラウド



By courtesy of S.Sekiguchi

サイエンスクラウド化のまとめ

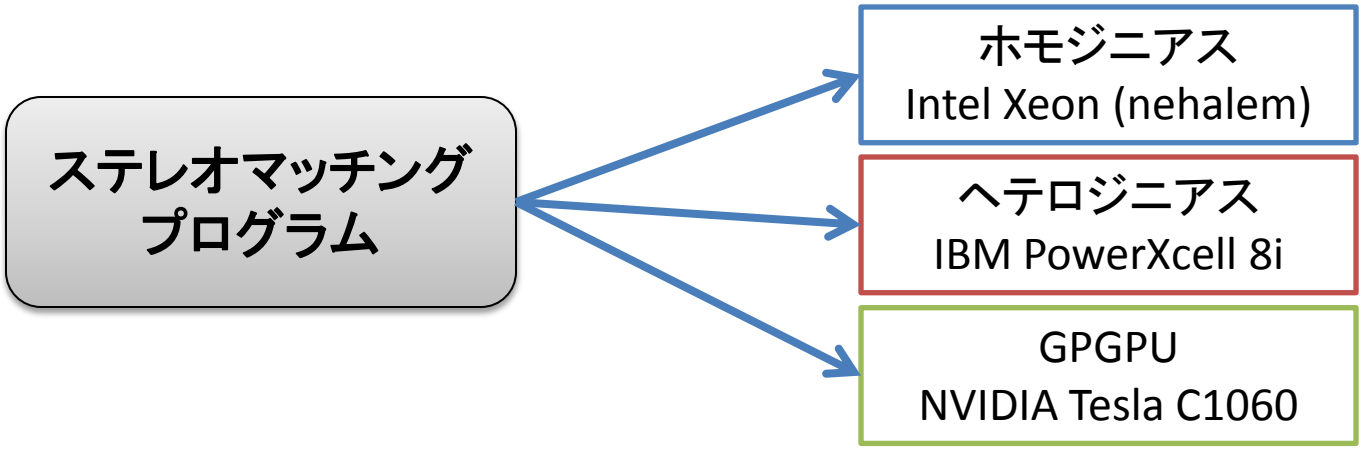
- クラウドは単一組織によるproprietaryなサービスを、簡単に提供／利用することにより、爆発的に普及した。
- サイエンスクラウドは、複数組織やオープン／スタンダード的な話が入ってくるだろう。
- グリッドが解決しきれていない難しい課題に取り組まなければならない？
- グリッドの知見を活かしつつ、うまく軽量な解決策を開発する必要がある。
- クラウドの考え方からすると、データについても集約化され、大規模データクラウドが提供されるのがスジ？

話の内容

- GEO Gridの最近の動向・成果
  - アジアGEO Gridイニシアチブ
    - 平成22年度科学技術振興調整費採択課題
    - GEO Gridの国際展開
    - 衛星データと地上センサーデータの統合
- GEO Gridからサイエンスクラウドへ
  - グリッド v.s. クラウド
  - 実際に何をやっているか
  - データクラウドに関する考察
- 時間があれば．．．GEO Gridの動向・成果のおまけ
  - 高性能地理情報システム
    - ステレオマッチングソフトウェアの高速化
    - 岩田健司さん@産総研．情報技術研究部門の仕事

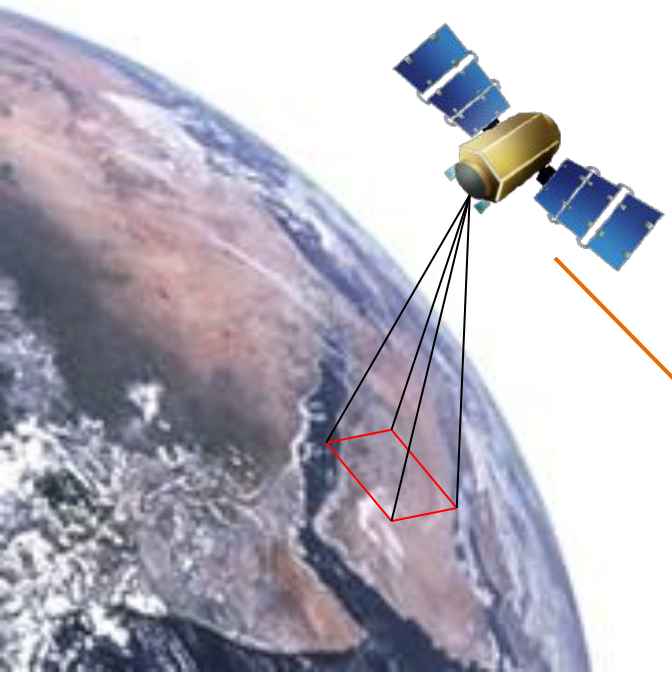
高性能地理情報システム

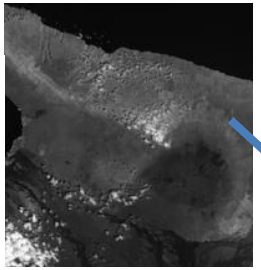
- 商用を含めた地理情報システムのソフトウェアはレガシーなものが多く、最新のマルチコアアーキテクチャを使いこなせていないのではないか？
- 地理情報システムの高度化・高速化を進めており、最初のアプリケーションとしてDEM生成ソフトウェア（ステレオマッチング）の高速化を行なう.



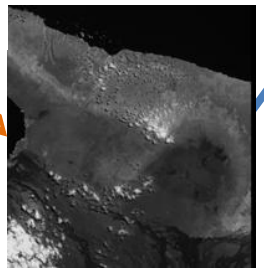
高速化手法とその効果を検証

ステレオマッチングによる DEM生成



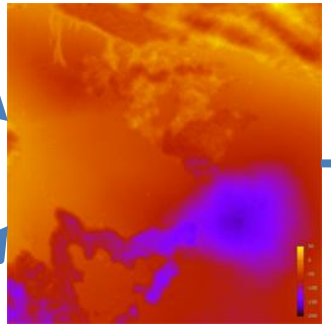


直下視

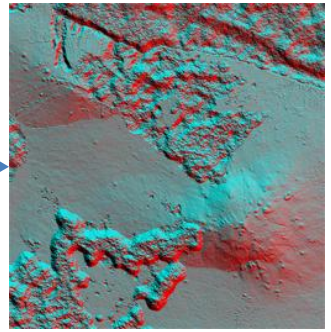


後方視

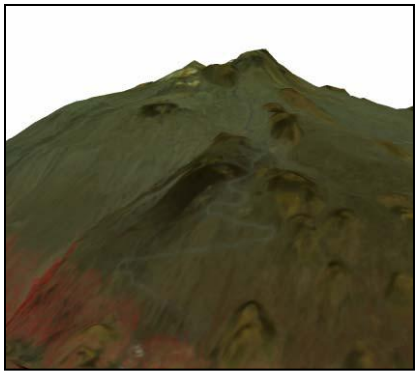
Digital Elevation Model



視差(Disparity)



DEM



3D表示

- 応用分野
  - 地理情報システム、立体地図の作成、地形分析
- オンデマンドでの作成需要
  - フリーのDEM(GTOPO30,SRTM)で精度が十分でない時。
  - 地盤災害などで直近のデータが必要な時。

最適化前の処理時間
ASTER(4k x 4k) 7分　PRISM(18k x 18k) 140分（予想）

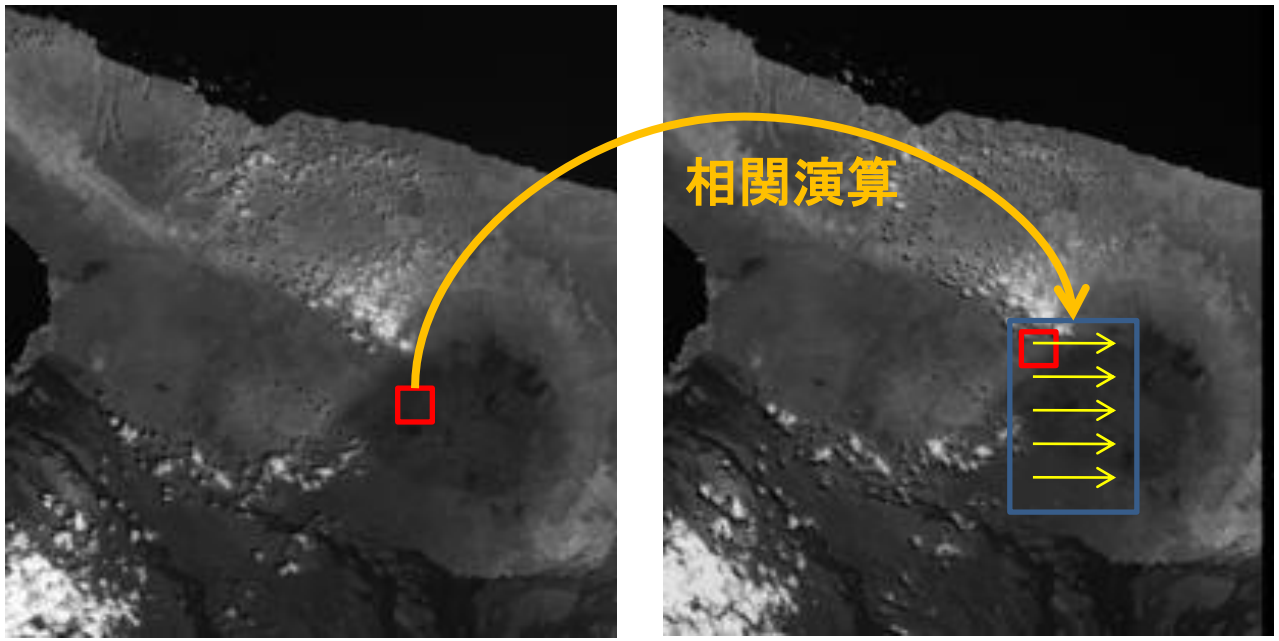
→ 目標　1分

DEM生成プログラム

前処理
- データ入力
- バッファ初期化

主処理

ステレオマッチング



直下視　　後方視

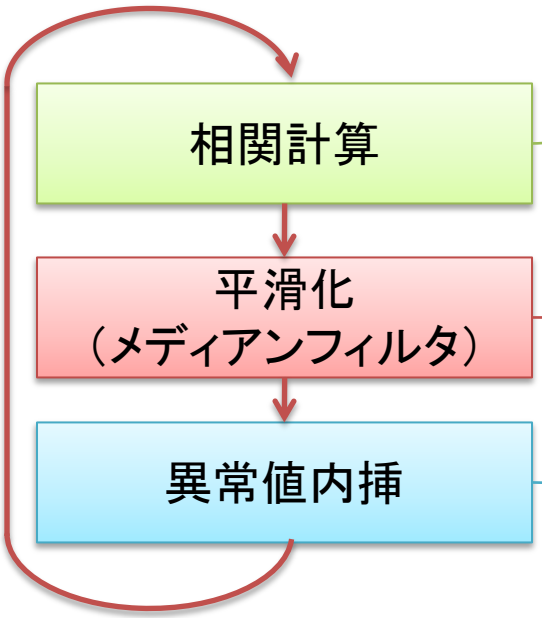
相関が低い部分は，対応づけに失敗

内挿処理
平滑化処理

後処理
- 視差から標高へ変換
- データ出力
- バッファ解放

主処理

ステレオマッチング



Coarse-to-fine法　10ステージ

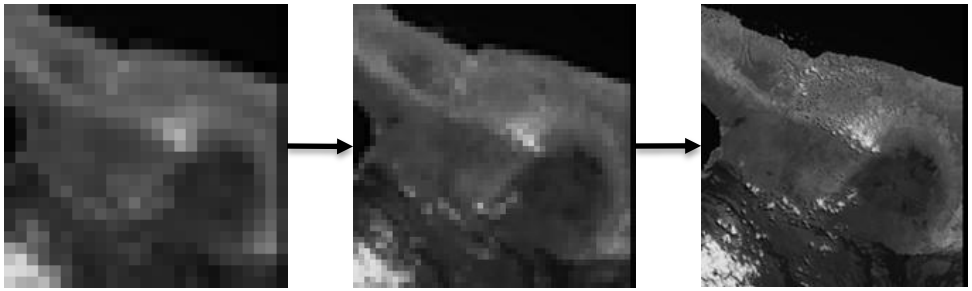
```
for () { // Coarse-to-fine法ループ
 for () { // サブステージループ
  for (y) { // y方向loop
   for (x) { // x方向loop
     // 相関計算
 }}}
 for (y) { // y方向loop
   for (x) { // x方向loop
     // ソート
 }}
 for () { // サブステージループ
  for (y) { // y方向loop
   for (x) { // x方向loop
     // 内挿処理
 }}
}
```

依存性なし

依存性なし

依存性なし

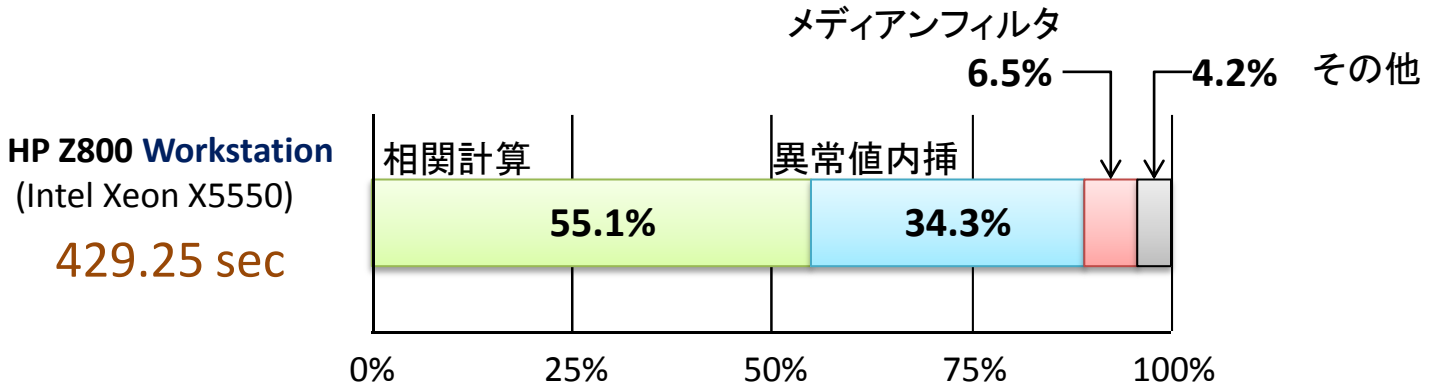
並列度は4,000 x 4,000



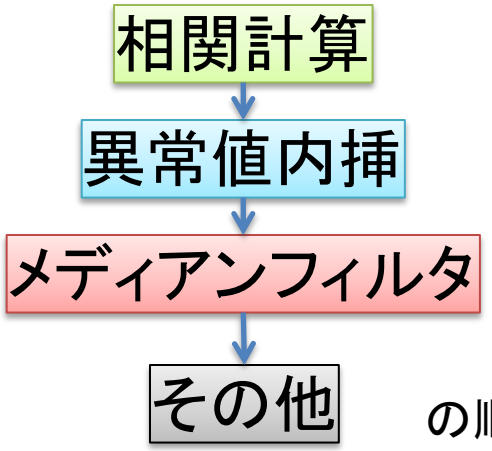
荒い画像

精細画像

最適化前のプロファイル



方針

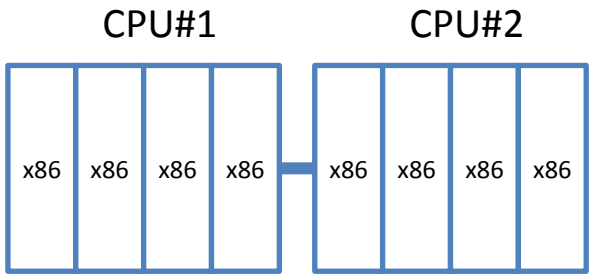


の順に重点的に最適化

最適化に用いたハードウェア

Intel Xeon X5550　Nehalem
HP Z800 Workstation

2.66GHz
4コアx2CPU=8コア
メモリ　8GB
（1333MHz DDR3)
OS Fedora 10
gcc 4.3.2

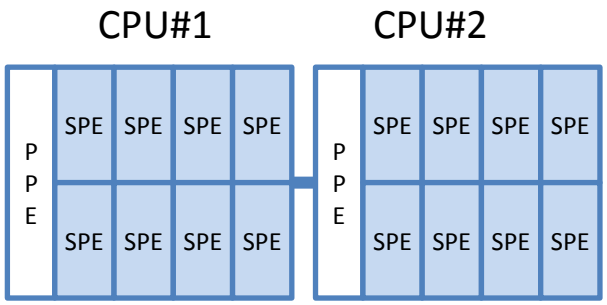


すべて同一のプログラムが動作
➡ 並列化が容易（OpenMPなど）

IBM PowerXCell 8i
IBM BladeCenter QS22

3.2GHz
1 PPE + 8 SPE　x 2CPU
　= 2 PPE + 16 SPE
メモリ　4GB
（800MHz DDR2)
OS YDEL 6.1
gcc 4.1.1

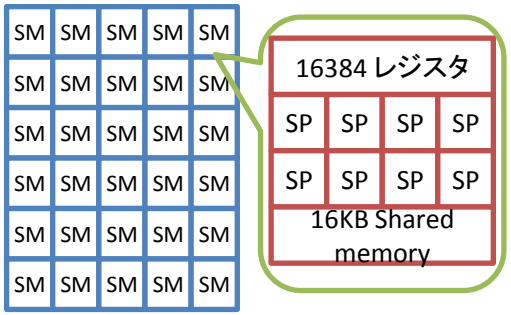
Cell B.E.の倍精度演算を強化



SPEに処理を振り分け高速化する。
SPEは分散メモリ設計
➡ 専用のプログラム設計

GPGPU
NVIDIA Tesla C1060

1.296 GHz
30SMx8SP=240コア
メモリ　4GB GDDR3
（1333MHz DDR3)
CUDA release 2.3



プログラミングにはCUDAを使用
Z800に拡張ボードとして搭載して評価

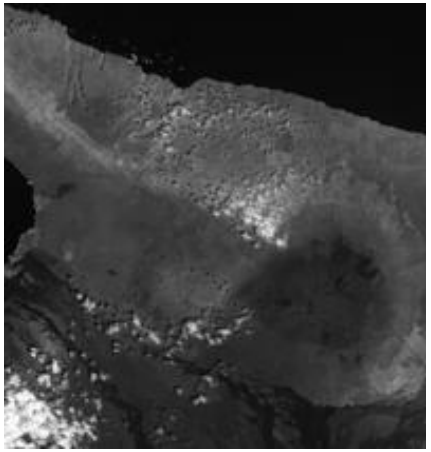
最適化のアプローチ

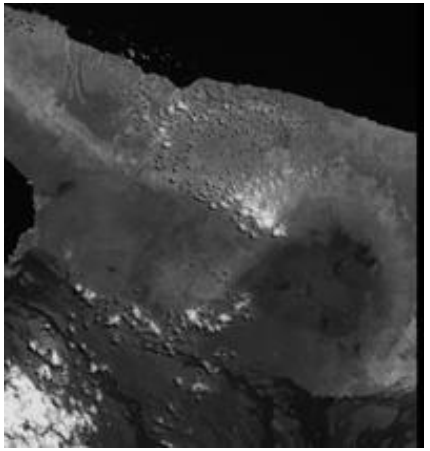
ベンチマークに用いたデータ

ASTER画像 (3962 x 4200)
ハワイ島　マウナ・ケア山

海抜0mから4,205mまで同一画像内に存在する

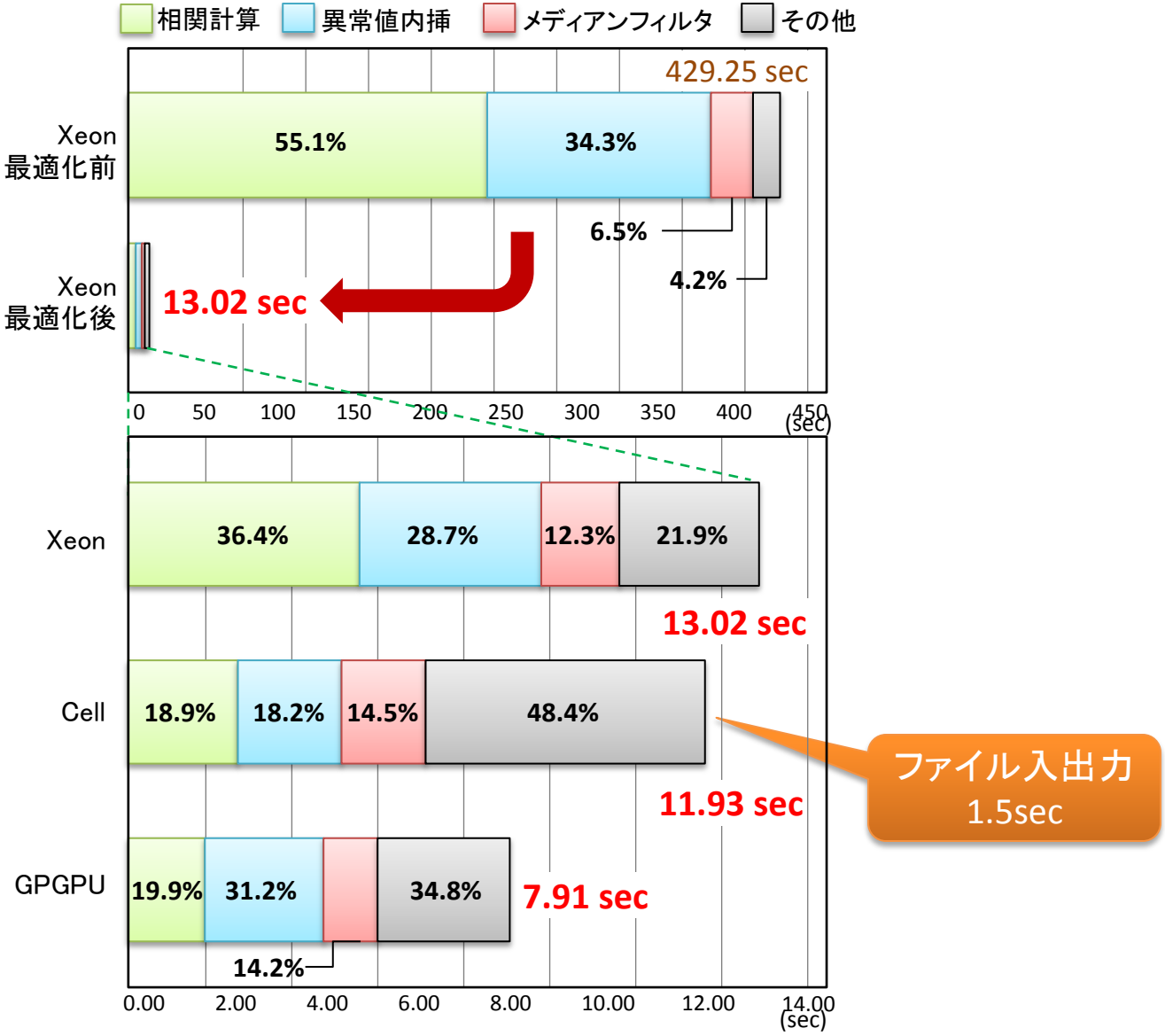
これができれば、世界中どの場所でもDEMが作れる





アプローチ	Xeon	Cell	GPGPU
並列化	OpenMP	SPEへ移植	CUDAへ移植
メモリ周辺	-	DMA転送	Shared Memory
ZNCC差分計算	○	○	○
その他	SIMD	SIMD	ブロック分割の最適値探索

全体の実行時間(ZNCC)



今後の展開

- 高速DEM 生成サービスを構築
- 高空間分解能の衛星データへの対応
  - データ量が今回の20 倍となるPRISMなどを想定し，クラスタリングを検討.
  - 境界部分の精度を検証しつつ，画像を分割して処理.

まとめ

- GEO Gridは要素技術の研究から、実用化、成果普及、国際展開の段階に。
- GEO Gridの拡張性や産業への展開、利用の容易さなどを考慮すると、スリムになる必要がある。
  - 必要なミドルウェアはなるべく減らす
  - 提供するプロトコルも必要最低限に
- GEO Gridの成果はGEO Scienceにとどまらず、サイエンスの広い分野にそのまま適用できるはず。
- サイエンスクラウドって、最初グリッドが目指していたものそのまま。
  - グリッドでうまく実現できなかった、同じ轍を踏まないように．．．
  - 重い「なんちゃらミドルウェア」なぞ作らずに、ライトウエイトにサクッと動くものを作らねば。