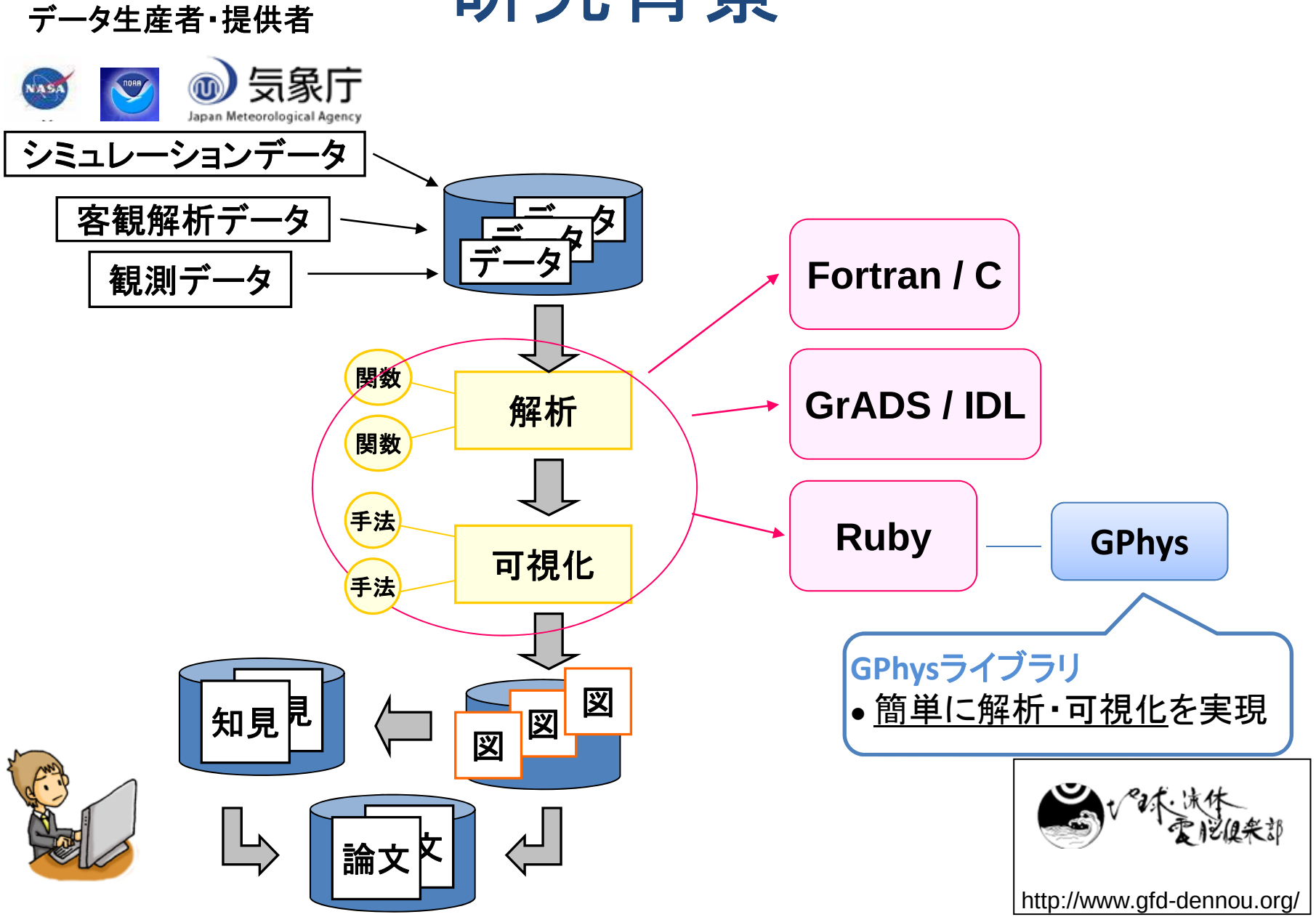
「Gfdnavi」の目指す方向と現状

西澤誠也[1], 堀之内武[2], 渡辺知恵美[3],
伴林晃紀[4], 諫本有加[3], 大塚成徳[5]

[1]神戸大, [2]北海道大, [3]お茶大, [4]松岸寺, [5]京都大

研究背景

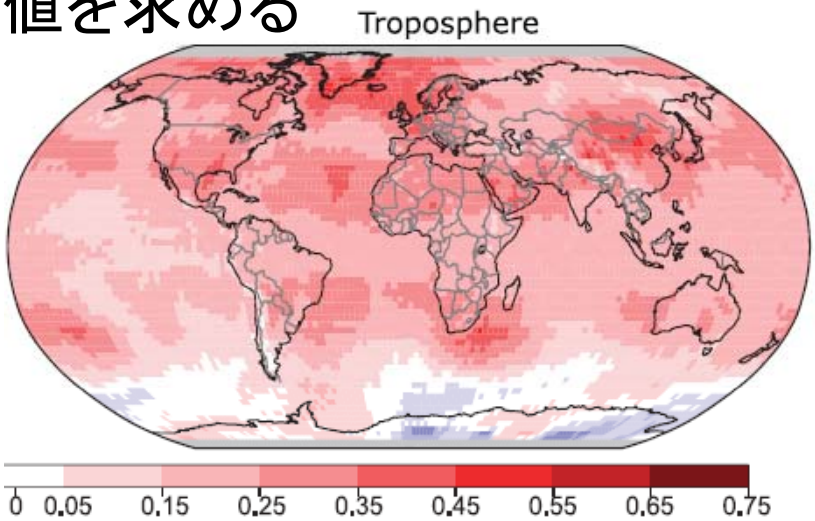

データ生産者・提供者
気象庁
Japan Meteorological Agency
シミュレーションデータ
客観解析データ
観測データ
データ
関数
関数
解析
手法
手法
可視化
Fortran / C
GrADS / IDL
Ruby
GPhys
GPhysライブラリ
• 簡単に解析・可視化を実現
知見
図
論文
http://www.gfd-dennou.org/

研究活動の１例

温暖化をシミュレーションするためのモデルを開発したが, モデルの妥当性を検証する

- 過去のシミュレーション実験を行い, 現実大気のデータと比較する
  - 指標
    - 対流圏で平均した水平2次元の気温
    - 1979年から2005年の間の線形トレンド (K/year or K/decade)

1. シミュレーション実験を行い, GrADS形式のデータを得る
   - 4次元データ; 空間3次元(経度,緯度,気圧) ＋ 時間 1次元
2. 現実大気データとして, NetCDF形式の客観解析データ (NCEP/NCAR Reanalysis)をデータ提供サーバーからダウンロードする
   - 4次元データ
     - 空間3次元の大きさ: 144x73x17 ~ 0.7MB
     - 6時間毎データだとおよそ 25GB, 月平均データだとおよそ 210MB
3. それぞれのデータに対し, 高度方向の平均をとる
   - 3次元データ; 水平2次元＋時間1次元
4. それぞれの格子点毎に, トレンドの値を求める
   - 水平2次元データ
5. 2次元トーン・等値線図を作成する
6. 2データの差のデータを作成する
7. 差のトーン・等値線図を作成する
8. 考察をメモにする



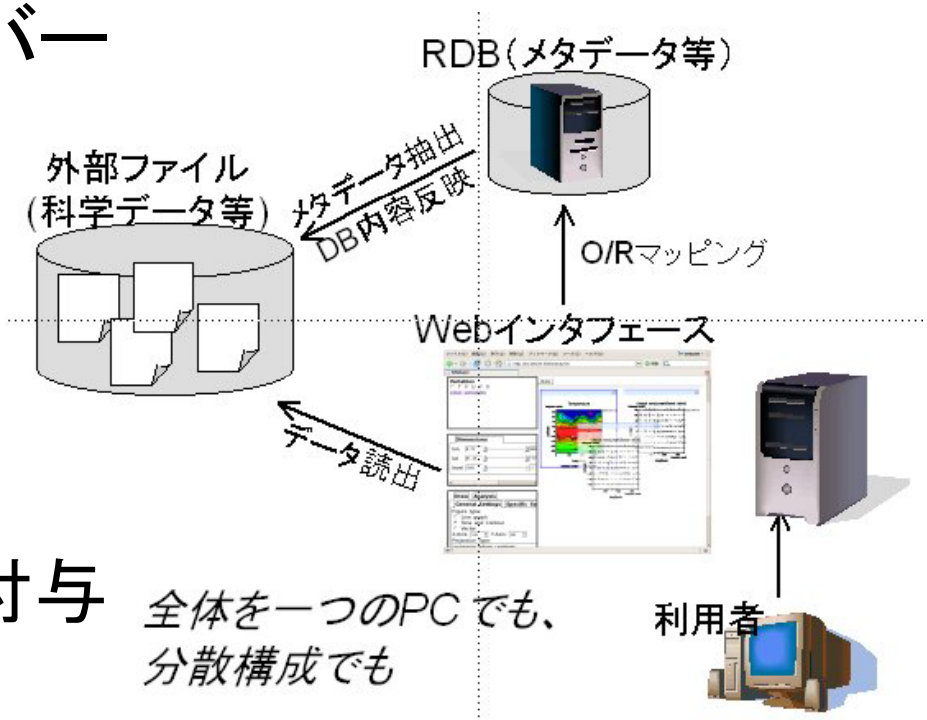
IPCC AR4 WG1 FAQ 3.1, Fig. 1 より

問題点

- データの存在・ありかを知っている必要がある
- データを手元にDownloadする必要がある
- データの配布方法, フォーマットがさまざま
- 解析結果データ・図の保存場所, 解析結果データ・図と元データ・プログラムの関係の管理が大変. 共有する場合はより困難.
- 解析結果データ・図と, それに対する知見 (in 脳内, メモ) とが乖離し, 後に関係づけるのが大変

「Gfdnavi」とは

- Web Application / Web Service
- 対象
  - データ公開サーバー
  - グループ内非公開サーバー
  - 個人デスクトップツール
- 機能
  - データベース (検索)
  - 解析・可視化
  - データへの知見情報の付与



設計思想

- 既存の研究用途に耐えうるもの
  - 基本的には, Gfdnaviだけで, データ生産後の, 一通りの研究生活を送ることができる
  - 我々自身が”使える”もの
- 現状の研究における問題点を解決する
  - データ・知見情報を一元的に管理
- 更に, 新たな研究手法の提供
  - どこからでも, どこのデータでも
  - 共同研究を円滑に
  - 学際研究の促進

データベース

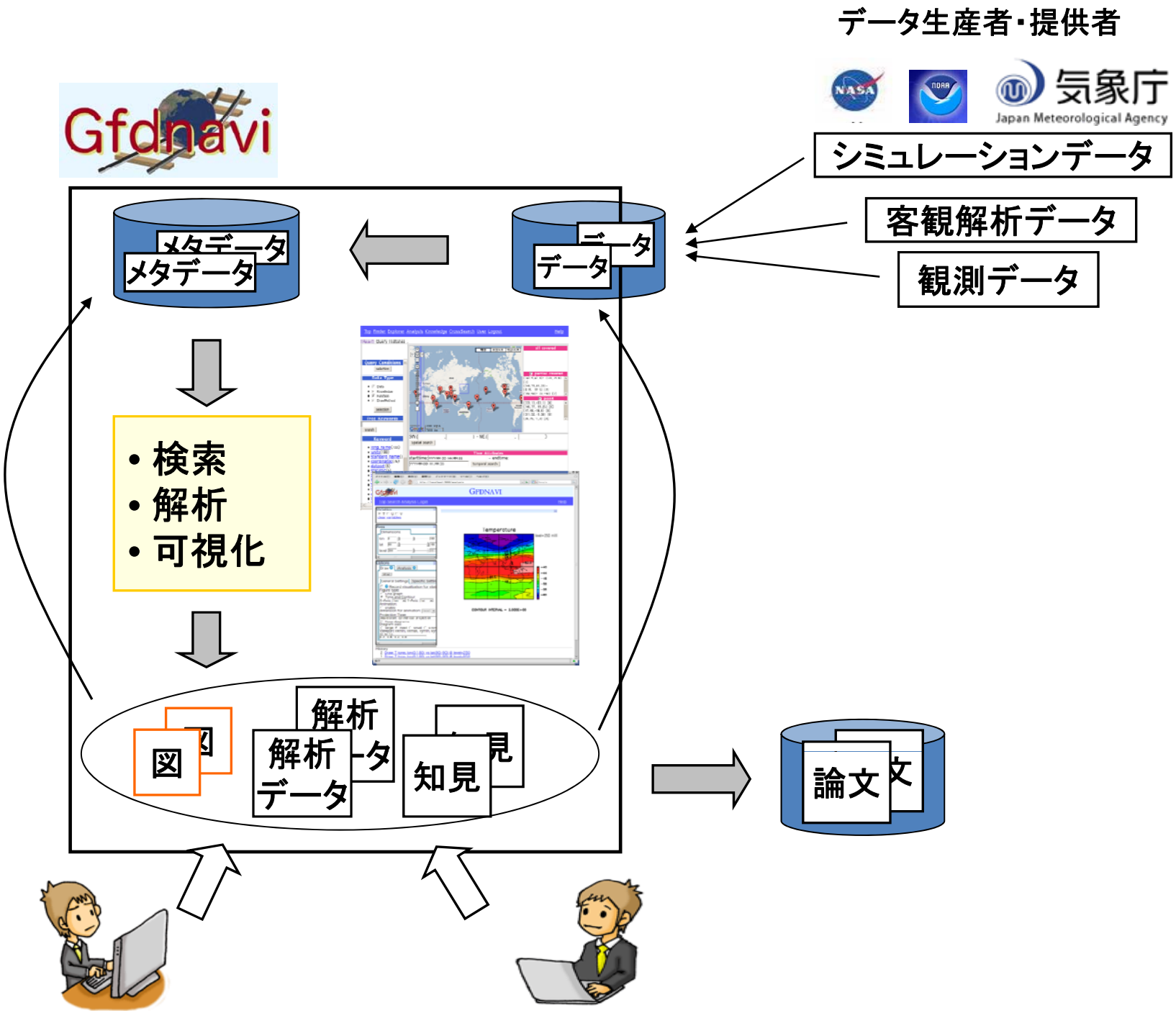
- メタデータのデータベース化
  - 時空間情報 (必須ではない)
    - １地点, 領域, (swath)
  - キーワード属性
    - 任意のキーワード, 値の組
- 検索のため
- 登録・更新
  - コマンドにより, 指定ディレクトリツリーをスキャン

解析・可視化

- サーバー上で解析・可視化を行う
  - GUI on web-browser
- 描画を再現するスクリプト&必要最低限データのダウンロードが可能
- 独自の解析メソッド, 描画メソッドを登録可能

知見情報

- 数値データや, (描画した)画像データに知見情報を付与できる
  - データから知見情報へ, 知見情報からデータへのリンクが自動で張られ, 相互アクセス可能
  - 知見情報内の図の再現, 描画パラメータ等を変更しての再描画が可能
  - 情報発信
- 他の知見情報に対し, コメントを付与できる
  - グループ内ディスカッション
  - 教官-学生間の指導


データ生産者・提供者
Gfdnavi
NASA
NOAA
気象庁
Japan Meteorological Agency
シミュレーションデータ
客観解析データ
観測データ
メタデータ
メタデータ
データ
データ
• 検索
• 解析
• 可視化
GFDNAVI
図
解析
データ
知見
論文

- シミュレーション結果を Gfdnavi に登録する
- 客観解析データをダウンロードし, Gfdnavi に登録する
- 高度平均をとる
- (トレンドを求める関数を登録する)
- トレンドを求める
- 2次元トーン・等値線図を作成する
- 2データのトレンドの差を求める
- 差のトーン・等値線図を作成する
- 考察の結果を知見情報として登録する

Gfdnavi 上で行う

- どこにいても, ブラウザさえあれば同じ環境で解析・可視化できるようになった

- 元データ, 解析データ, 図, 知見を容易に管理できるようになった

これで我々は幸せになったか?

Not yet

便利にはなったが, 問題がある

- Gfdnavi は孤立している
  - Gfdnavi できないこと, やりにくいことがあると, 結局データをダウンロードして, ローカルで処理しなければならない
    - 繰り返し処理
    - 複雑な処理
    - 他のサーバーにあるデータとの比較
  - ローカルでの作業を Gfdnavi に登録する場合, ファイルのアップロードが必要
- バグがなくならない
  - 昔は動いていたが, 動かなくなっていることがある

Web Service の導入

- SOAP で実装
  - 解析・可視化部分の全てを 実行可能
  - 繰り返し処理等は容易になった

- Web Application との共存
  - 大部分はコードを共有

しかし,

- SOAPは使いにくい (要 SOAPライブラリ)
  - 人に渡しにくい (要 実行環境)
- 実装が大変 (特に Web Application との協調)
  - 検索・知見部分はない
  - 登録機能はない (一方通行)
- Web Application と, 機能的には重複しているが分ける必要があるコードがある
  - 開発・維持を困難に
- Web Application がベースであり, ステートフルなため, テストが困難
  - エンバグの温床

そこで,

- Web Service で全ての機能を実装する
- Web Service をベースにして, Web Application は Web Service を利用
  - コードの重複をなくす
- ステートレスにする
  - テストが容易

SOAP から REST に変更

- よりシンプル (開発が楽)

REST

- 統一インターフェース
  - HTTPプロトコル/メソッドを利用
    - ステートレス
- リソース指向
  - すべては“リソース”
  - リソースは少なくともURIを1つ持っている
  - リソース間の関係は, リンクで表現
    - リソースの表現形は, ハイパーメディア

- REST にするにあたり, 考えなければならなかったこと
  - データベースの行データはリソースとの対応付けの(準)標準があるが, 解析・可視化等, 動的なものをどのようにリソースで表現するか
    - 「解析する」 から 「解析されたデータ」 へ
  - SOAPでは自由にメソッドを定義できるが, REST では HTTPメソッドのみ
    - 「解析する」 から 「解析データの取得」 へ
  - 動的リソースの URI はどうするか
    - とりあえず試行錯誤で syntax を決めた

- URI syntax

  http[s]://{*host*}:{*port*}/{*document_root*}/data/{*resorce_path*}.{*suffix*}[?{*options*}]

  – *suffix*: 表現形の指定 (html, xml, yml, nc, gphys, png)

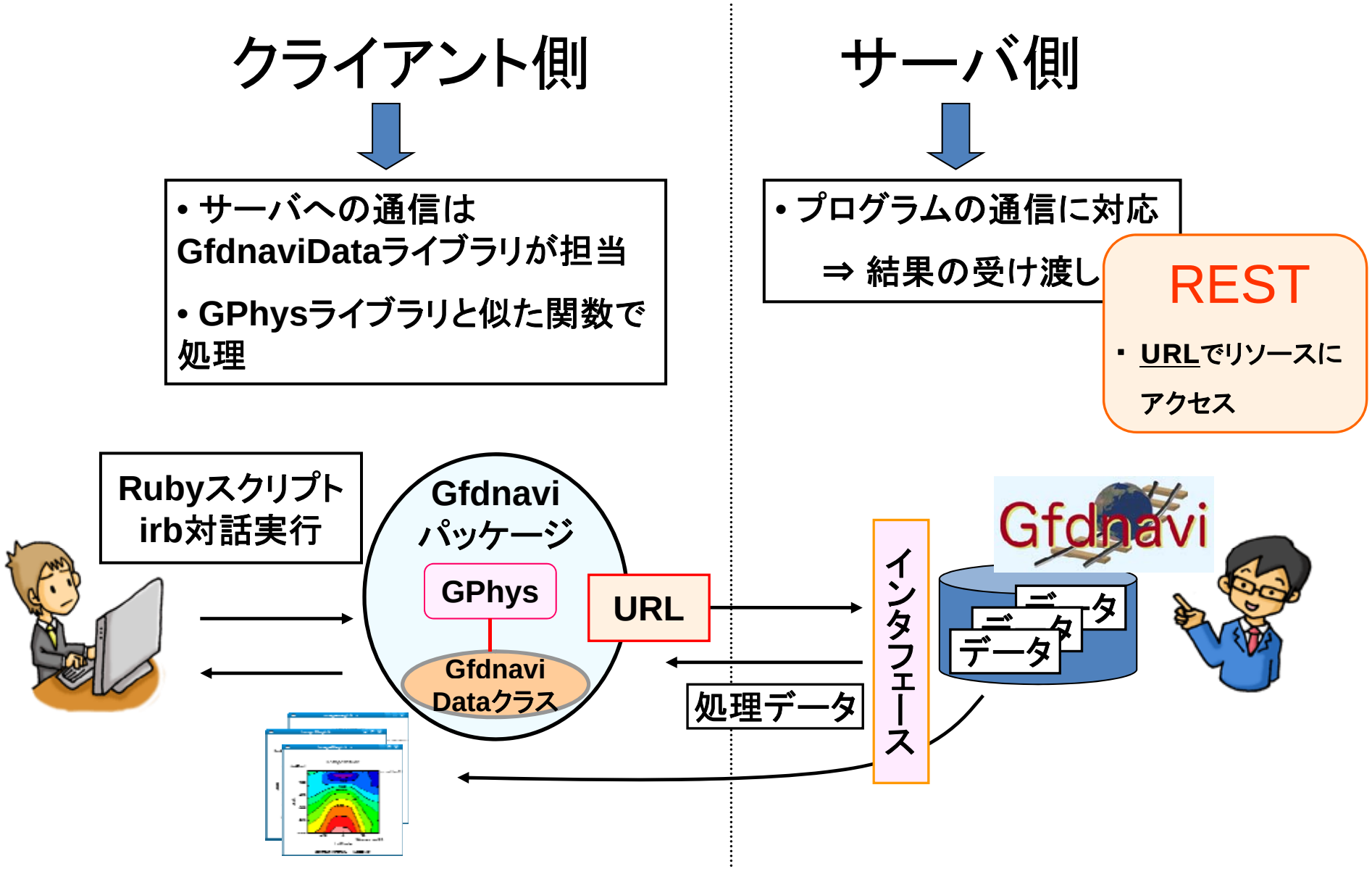
  – *options*: 表現形に対するオプション

  – *resource_path*

    - データ・ディレクトリリソース (データベースの行データ)
      - e.g. /T.jan.nc/T
    - 複数データリソース
      - e.g. /[/UV.jan.nc/U,/UV.jan.nc/V]
    - 動的生成リソース
      - /{*original_resource_path*}/{*resource_type*}({*params*})[¥[{*index*}¥]]
      - e.g. /T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)
        /T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)/plot(tone)
        /find(name=Temperature)[0]

- RESTful Gfdnavi Web Service を利用した解析用スクリプト
  - 文字列処理・通信が中心
    - URI・リンクの処理
    - HTTP通信
  - データ解析・可視化と直感的に一致しにくい

ラッパーライブラリを用意 (GfdnaviData)

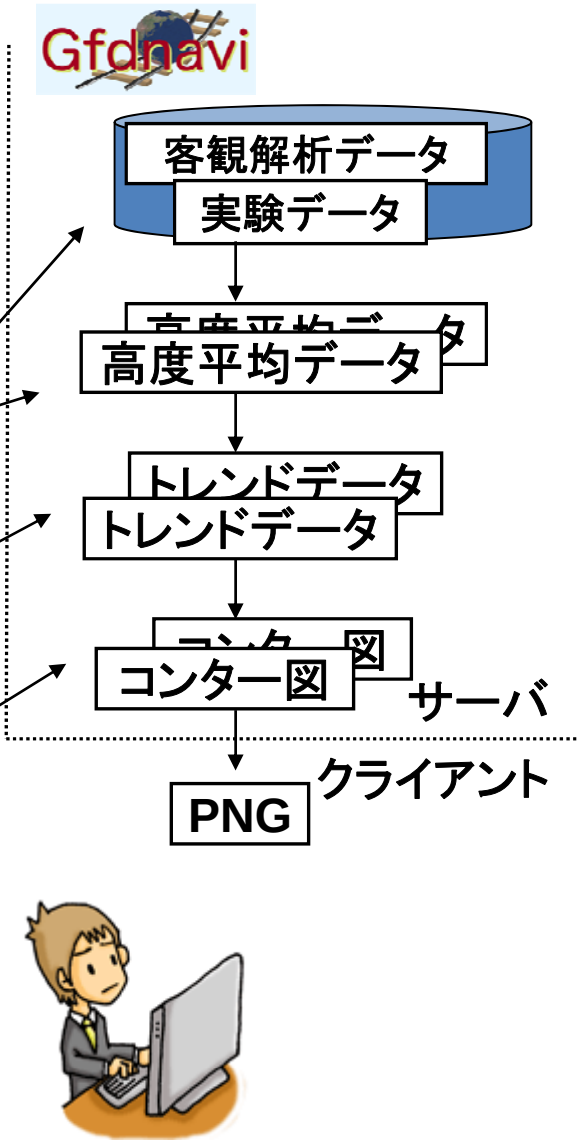

クライアント側
サーバ側
• サーバへの通信は GfdnaviDataライブラリが担当
• GPhysライブラリと似た関数で処理
• プログラムの通信に対応
⇒ 結果の受け渡し
REST
• URLでリソースにアクセス
Rubyスクリプト
irb対話実行
Gfdnavi
パッケージ
GPhys
Gfdnavi
Dataクラス
URL
処理データ
インタフェース
Gfdnavi
データ
データ
データ

- シミュレーション結果を Gfdnavi に登録する
- 客観解析データをダウンロードし, Gfdnavi に登録する
- 高度平均をとる (サーバーサイド)
- トレンドを求める
- 2次元トーン・等値線図を作成する
- 2データのトレンドの差を求める
- 差のトーン・等値線図を作成する
- 考察の結果を知見情報として登録する

Gfdnavi Data を利用

スクリプト例

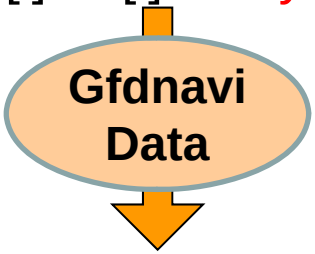
```
1: require "numru/gfdnavi_data "
2: include NumRu
3: t = Array.new; t_zm = Array.new; t_trend = Array.new

4: t[0] = GfdnaviData.parse("http://host:port/data/simulation/T.ctrl/T")
5: t[1] = GfdnaviData.parse("http://host:port/data/reanalysis/T.nc/T")

6: 2.times do |i|
7:   t_zm[i] = t[i].analysis(“mean”, “pressure”)
8: end

9: 2.times do |i|
10:   t_trend[i] = t_zm[i].analysis(“regress”, “time”)
11: end

12: 2.times do |i|
13:   display_png( t_trend[i].plot(“tone”).to_png )
14: end

15: t_diff = t_trend[0] – t_trend[1]
16: display_png( t_diff.plot(“tone”).to_gng )
```



解析

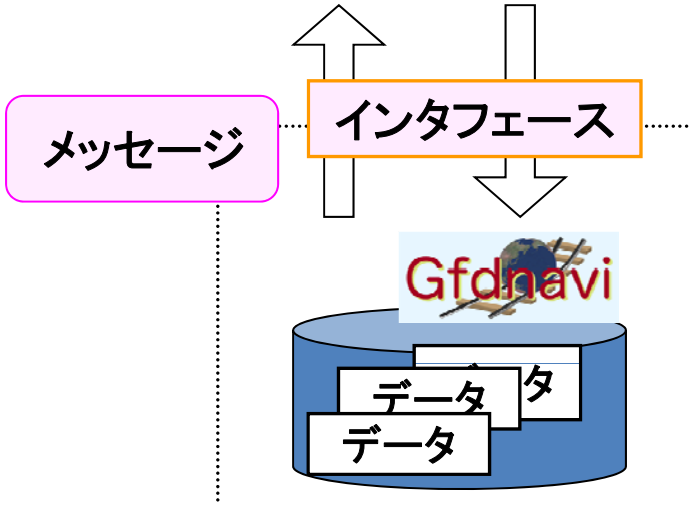
GfdnaviDataオブジェクト は HTTPリソースに対応
t[0] ⇔ http://host:port/data/simulation/T.ctrl/T

7: t_zm[i] = t[i].analysis(“mean”, “pressure”)



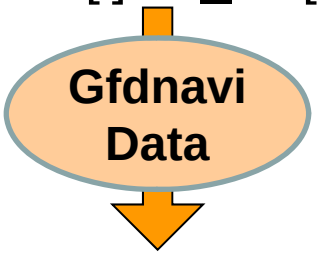
#analysis, #plot, #find は, それぞれ,
解析, 描画, 検索結果のリソースに
対応するオブジェクトを返す

http://host:port/data/simulation/T.ctrl/T/analysis(mean;pressure)

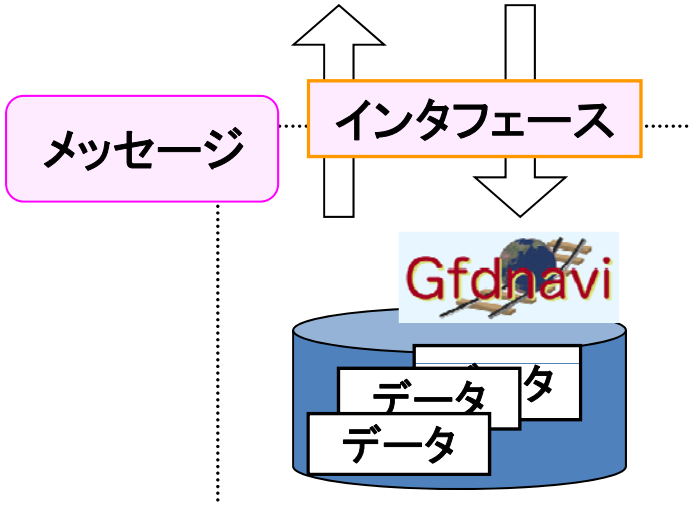


解析

10: t_trend[i] = t_zm[i].analysis(“regress”, “time”)

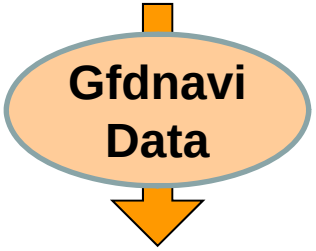


http://host:port/data/simulation/T.ctrl/T/analysis(mean;pressure)/analysis(regress;time)



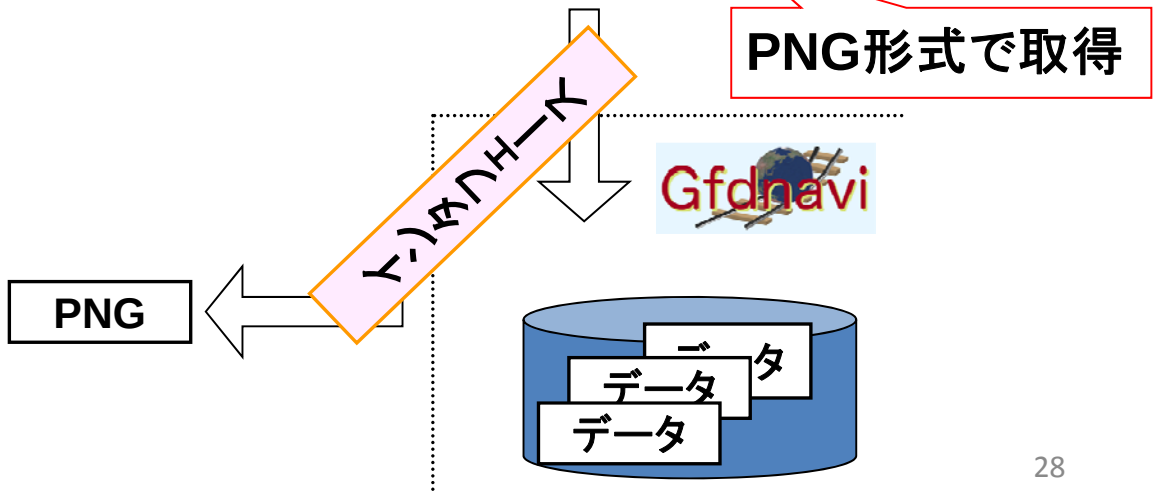
可視化

13: display_png(t_trend[i].plot(“tone”).to_png) **実際のデータが必要**



実は今までは解析は実行されていなかった
ここで初めて, 全ての解析・描画が実行
#to_XXX メソッドはリソースの表現を取得

http://host.port/data/simulation/T.ctrl/T/analysis(mean;pressure)/analysis(regress;time)/plot(tone).png



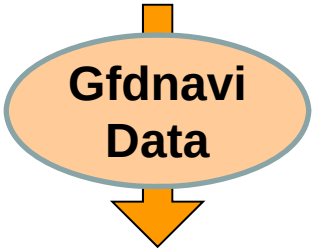
解析

15: t_diff = t_trend[0] – t_trend[1]

実は

t_diff = GfdnaviArray[t_trend[0], t_trend[1]].analysis(“subtraction”)

を使いやすいようにしたもの (他の四則演算も同様)



GfdnaviArrayオブジェクト は
GfdnaviData オブジェクトの順序付き配列

http://host:port/data/[/simulation/T.ctrl/T/analysis(mean;pressure)/analysis(regress;time),/reanalysis/T.nc/T/analysis(mean;pressure)/analysis(regress;time)]/analysis(subtraction)

- さらに
  - GfdnaviData#to_gphys
    - データのバイナリが GPhysオブジェクトとして得られる
      → ローカルで自由に解析
  - GfdnaviData#save_as(*path*)
    - サーバーのデータベースに保存する
    - データ, 図, 知見情報

サーバー と ローカルの行き来が可能

サーバー間連携

- Gfdnaviサーバー間の連携
  - どのサーバーにどのデータがあるのか意識する必要がなくなる
  - クロスサイト検索
    - 知らなかったデータがヒットする可能性
  - クロスサイト解析・可視化
    - データ比較
- Gfdnavi以外の公開データ, Webサービスの利用
  - OPeNDAP
  - GDS (GrADS Data Server)
  - Live Access Server

- RESTful Web Service, サーバー間連携は実装中
- RESTful Web Service に関しては, 試行錯誤の部分が多い
  - 標準的なものができれば (or すでにあれば), それに習いたい
- 完成すれば, データ生産以降のほとんどの研究は, これで行う事ができると期待される
  - 新たな問題が出てくる可能性も否定はできない

まとめ

- 数値・画像データや知見の仮想的な一元管理
  - データの所在を意識せずに利用可能
    - 異なるサーバーにあるデータの比較が容易に
    - 未知のデータとの遭遇
  - データ・解析手法・知見のリンク付け
    - 図を再現可能
    - 知見から解析・可視化を再現可能
    - データから知見を検索可能
    - 共同研究者との議論が楽に (知見・コメント, 再現性)
    - データと知見を一緒に公開することにより, 専門外の人の利用も促進 (GUI も効果的)

- Web Application / Web Service の融合
  - 目的に合わせてGUI とスクリプトの使い分け
    - クイックルック
    - 繰り返し処理
  - ローカルプログラムとのシームレスな連携
    - Gfdnavi では難しいような凝った解析・可視化が可能
    - 結果を Gfdnavi に保存
  - RESTful にすることで, 開発が楽に
    - シンプルなコード
  - ステートレスにすることで, テストが楽に
    - エンバグを防ぐ

Thank you

我々の扱うデータ

- 観測データ
  - 人工衛星：空間１次元×時間の３次元／空間２次元×時間の３次元
  - 気球，ブイ：１次元（高度）×時間
  - 地上観測：時系列　例：アメダス
  - レーダー：次元性いろいろ
- シミュレーションデータ
  - 全球モデル、領域モデル：時間発展を計算する数値モデルの出力．空間３次元×時間の４次元データ
- 観測データを同化(assimilation)した客観解析データ
  - 様々な観測データをシミュレーションモデルに馴染ませるように取り込んで作成した格子点データ．空間３次元×時間の４次元データ

データ 形式

テキスト vs. バイナリ

- テキスト：
  - 小規模／1次元的データに適 ⇒ 気球や定点観測データに良く利用
- バイナリ:
  - 大規模データ、シミュレーションデータに適 ⇒ 大気のデータの多くはバイナリ

良く使われる汎用バイナリ形式

- NetCDF
- GRIB
- GrADS
- HDF(5)-EOS

Pros

- HTTP を扱うことができる実行環境があればよい
  - ブラウザがあればよい
  - どこでも・誰でも
- URI ベースなので, 扱いが比較的簡単
  - URIには馴染みがある
  - URIさえ伝えれば, 相手先でも再現 (GET)
- HTTPプロトコルに従っているため, キャッシュ機構と相性がよい
  - 負荷軽減

- 全てを “リソース” とする
  - 統一的に扱う事ができる
    - たいていの場合はリソースに対する GET
  - データベース上のデータとの親和性が高い
    - 1行 – 1リソース
  - オブジェクト指向との相性は悪くない
    - 1オブジェクト – 1リソース

- ハイパーメディアの利用
  - ハイパーリンクにより, ワークフローを誘導

Cons

- GET/POST/PUT/DELETEだけでは表現しにくい場合がある
  - e.g. トランザクション
- URIが複雑になる傾向がある
  - webサーバーやブラウザに文字数制限がある場合も
- リソース指向に, はじめは違和感を覚える可能性がある
  - e.g. “解析する” から “解析されたデータ”

- 標準的なもの, 標準的になる可能性があるもの
  - 表現フォーマット
    - XHTML, Atom, SVG, JSON, RDF
  - リンク
    - URI Template
    - link/a tag (HTML, XHTML)
    - XLink (XML)
  - リソースの振る舞いを表現するボキャブラリ
    - WADL
      - SOAPのWSDL にならったもの
    - WSDL 2.0

RESTful Gfdnavi Web Service

- データ, 解析データ, 描画図, 知見情報, 検索結果, 解析関数, 描画メソッド etc はすべてリソースとして扱う
- 表現形はリソース依存
  - 共通: HTML, XML, YAML
  - データ: NetCDF, GPhysバイナリ
  - 図: PNG

- URI syntax

  http[s]://{*host*}:{*port*}/{*root_path*}/data/{*resorce_path*}.{*suffix*}[?{*options*}]

  – *suffix*: 表現形の指定
    - html: HTML
    - xml: XML
    - yml: YAML
    - nc: NetCDF
    - gphys: GPhys
    - png: PNG

  – *options*: 表現形に対するオプション
    - e.g. ある特定の情報のみ取得

– *resource_path*

- データ・ディレクトリリソース
  - メタデータベースのパス
  - e.g. /T.jan.nc/T
- 複数のデータ
  - /¥[{*resource_path1*},{*resource_path2*},…¥]
  - e.g. /[/UV.jan.nc/U,/UV.jan.nc/V]
- 動的生成リソース
  - /{*original_resource_path*}/{*type*}({*params*})[¥[{*index*}¥]]
  - *type*
    - » analysis: 解析データリソース
    - » plot: 描画図リソース
    - » find: 検索結果リソース
  - *params*: 引数, オプション, パラメータ
  - *index*: 動的生成リソース集合の要素番号

- 動的生成リソース
  - 解析データリソース
    - {*data_resource_path*}/analysis({*function*}[;{*arguments*}])
    - *data_resource_path*: データおよび解析データリソースへのパス
    - *function*: {*function_name*}[,{*user_name*}]
      - » *user_name* は root である場合は省略可
    - *arguments*: 引数列
    - e.g. /T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)
      /T.jan.nc/T/analysis(cut,seiya;lon=0..180,lat=0..90)
      /[/T.jan.nc/T,/T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)]/analysis(sub)

- 描画図リソース
  - {*data_resource_path*}/plot({*draw_method*}[;{*options*}])
  - *data_resource_path*: データおよび解析データリソースへのパス
  - *draw_method*: {*method_name*}[,{*user_name*}]
    - » *user_name* は root である場合は省略可
  - e.g. /T.jan.nc/T/plot(tone;contour=false, levels=-1,0,1)

- 検索結果リソース
  - {*dir_resource_path*}/find({*queries*})
  - *dir_resource_path* は, ディレクトリリソースへのパス
  - *queries*: 検索クエリ
  - e.g. /find(name=Temperature)[0]

GfdnaviData Class Library

- 既存の解析プログラムと似た書式で, Web Service を使うことができる Rubyライブラリ
- メソッド呼び出しは, Web Service の URLに対応

- Class 定義
  - GfdnaviData: 単一リソースに対応
  - GfdnaviArray: 複数リソースに対応
    - GfdnaviData の順序付き配列

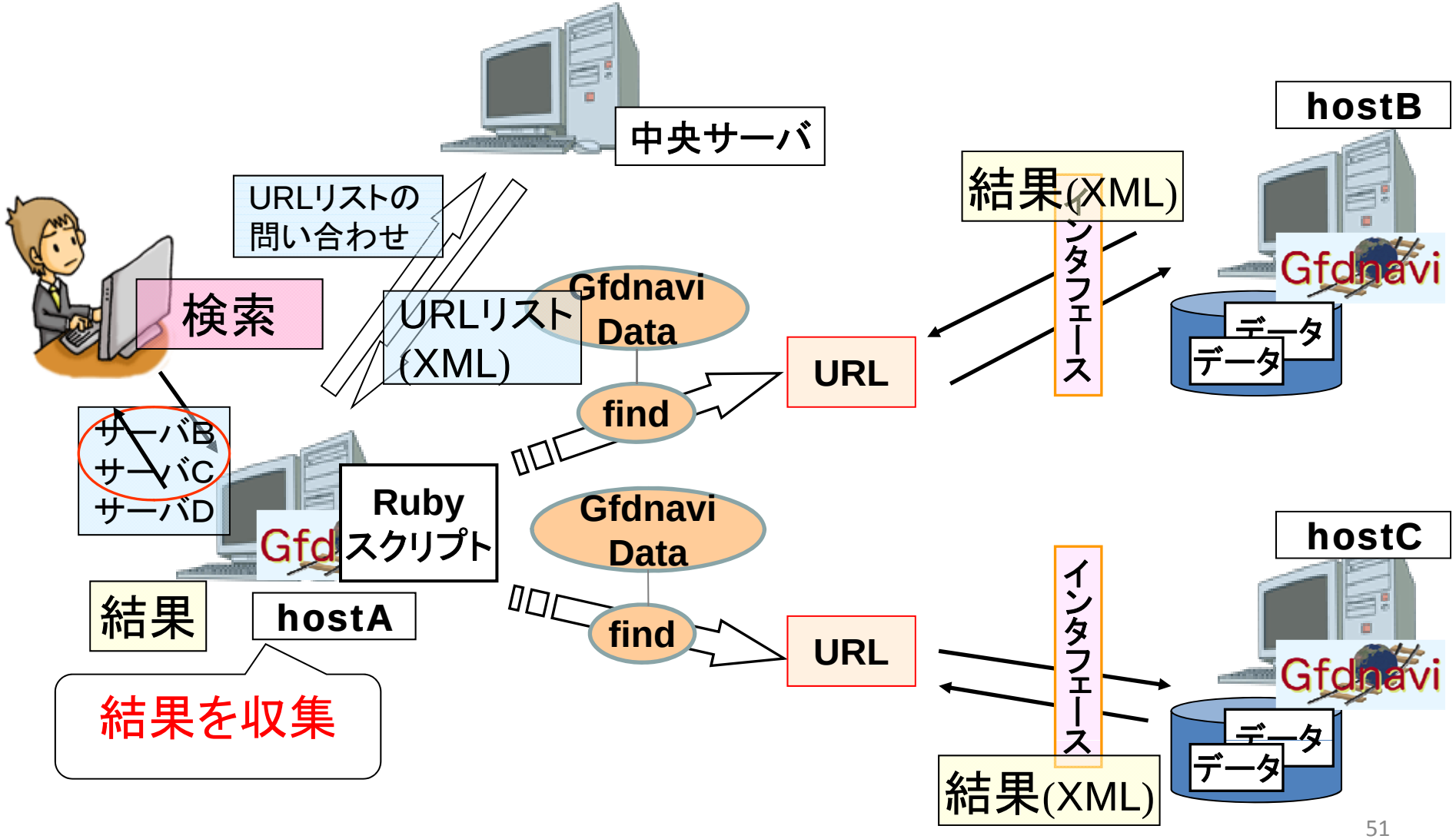
- メソッド
  - GfdnaviData.parse(*uri*): 新規作成
    - 戻り値: GfdnaviData
  - GfdnaviArray[*gdata0*, *gdata1*,…]: 配列作成
    - 戻り値: GfdnaviArray
  - GfdnaviArray#[*index*]: 配列要素取得
    - 戻り値: GfdnaviData
  - Gfdnavi(Data|Array)#analysis(*func_name*, *args*): 解析
    - 戻り値: GfdnaviArray
  - Gfdnavi(Data|Array)#plot(*method_name*, *args*): 描画
    - 戻り値: GfdnaviArray
  - Gfdnavi(Data|Array)#find(*qeuries*): 検索
    - 戻り値: GfdnaviArray

- GfdnaviData#to_{*type*}: 実際のデータ取得
  - to_xml: XML
  - to_yml: YAML
  - to_nc: NetCDF
  - to_gphys: GPhys
  - to_png: PNG

- 実行遅延
  - #to_??? メソッド呼び出しによって実際にデータが必要になるまでは, サーバ上で解析・描画等の実行は行わない

```
require “numru/gfdnavi_data”
include NumRu

uri = “http://example.com/data/T.jan.nc/T”
t = GfdnaviData.parse(uri)  # uri に対応したGfdnaviDataの作成

t_xm = t.analysis(“mean”, “longitude”) [0] # 経度平均をとる（サーバーサイド）
 # http://example.com/data/T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)[0]

t_xm_g = t_xm.to_gphys # 解析結果をGPhysオブジェクト(バイナリデータ)として得る
 # http://example.com/data/T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)[0].gphys

spect_g = t_xm_g.fftw # フーリエ変換する（ローカル）

fig = t_xm.plot(“tone”) # トーン＆コンター図を書く（サーバーサイド）
 # http://example.com/data/T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)/plot(tone)

png = fig.to_png # 結果図のPNGファイルを得る
#  http://example.com/data/T.jan.nc/T/analysis(mean;longitude)/plot(tone).png
```

横断検索


中央サーバ
URLリストの
問い合わせ
検索
URLリスト
(XML)
Gfdnavi
Data
find
URL
結果(XML)
インタフェース
hostB
Gfdnavi
データ
データ
サーバB
サーバC
サーバD
Ruby
スクリプト
Gfdnavi
Data
find
URL
インタフェース
hostC
Gfdnavi
データ
データ
結果
hostA
結果(XML)
結果を収集