

# DIASにおける 地球観測・予測データの活用 によるSDGs等への貢献

石川洋一（海洋研究開発機構）

# 持続可能な開発目標と気候変動

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



SDGsにおいて気候変動への対策は

**目標13:気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる**

として掲げられているが、それ以外の目標においても気候変動が関係するものは多い

# 持続可能な開発目標と気候変動

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



例えば

1.5 2030年までに、貧困層や脆弱な状況にある人々の強靱性（レジリエンス）を構築し、気候変動に関連する極端な気象現象やその他の経済、社会、環境的ショックや災害に対する暴露や脆弱性を軽減する。

2.4 2030年までに、生産性を向上させ、生産量を増やし、生態系を維持し、気候変動や極端な気象現象、干ばつ、洪水及びその他の災害に対する適応能力を向上させ、漸進的に土地と土壌の質を改善させるような、持続可能な食料生産システムを確保し、強靱（レジリエント）な農業を実践する。

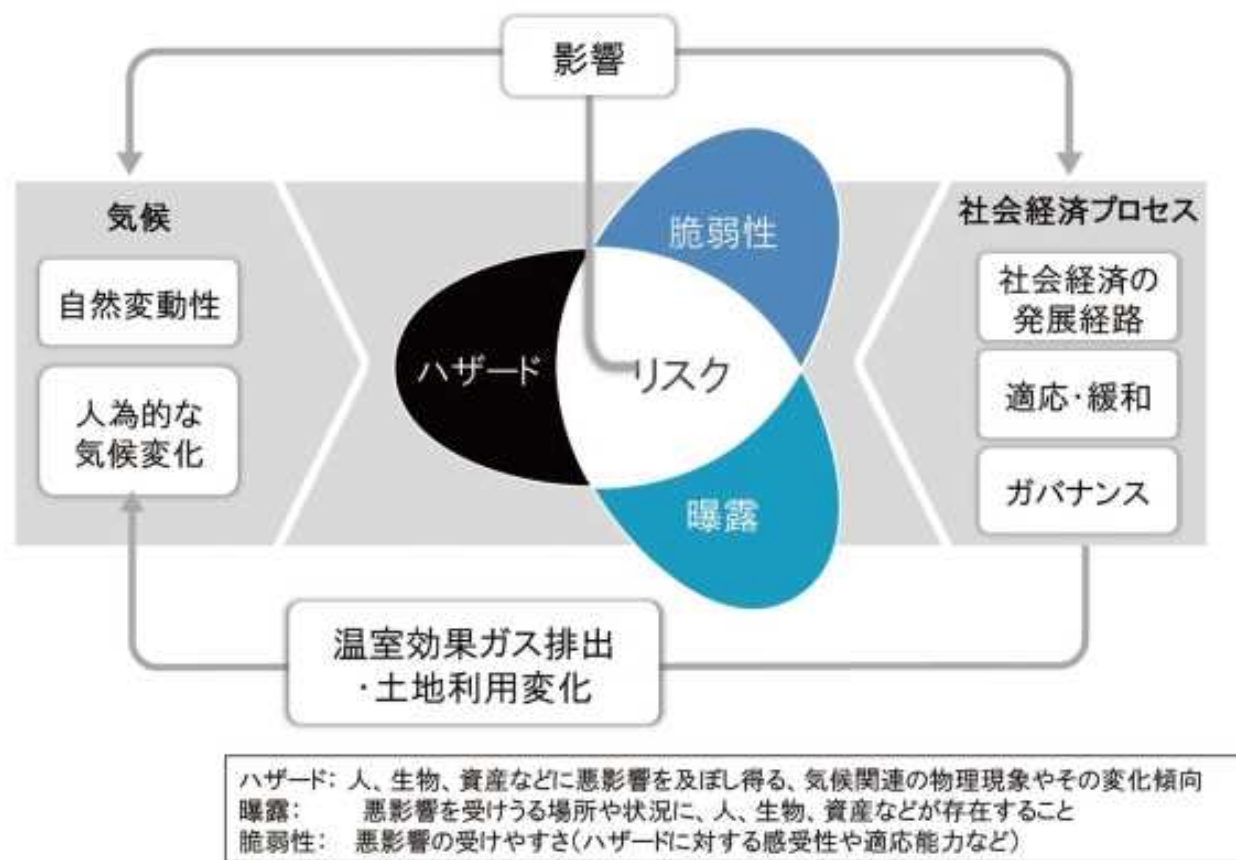
# 気候変動への適応とデータの活用

- SDGsにおける目標13だけでなく、気候変動の影響を受ける分野は数多くあり、それぞれで気候変動への適応が求められている
- 気候変動のリスクはハザード(気候外力)に加え、対象の脆弱性や暴露によってきまる
  - 同じ規模の気候変動外力であっても、リスクの大きさは異なり、リスクを評価するためにはきめ細やかな対応が必要→気候変動予測データと対象ごとの脆弱性・暴露を組み合わせる必要

# Outline of IPCC report WG2, AR6

- Chapter 1: Point of departure and key concepts
- Chapter 2: Terrestrial and freshwater ecosystems and their services
- Chapter 3: Ocean and coastal ecosystems and their services
- Chapter 4: Water
- Chapter 5: Food, fibre, and other ecosystem products
- Chapter 6: Cities, settlements and key infrastructure
- Chapter 7: Health, wellbeing and the changing structure of communities
- Chapter 8: Poverty, livelihoods and sustainable development
- Chapter 9-15: Regions
- Chapter 16: Key risks across sectors and regions
- Chapter 17: Decision-making options for managing risk
- Chapter 18: Climate resilient development pathways

# 気候変動のリスクと適応



気候変動によりハザードが増加する環境において、リスクをコントロールするためには脆弱性や暴露を減らす必要がある

気候変動リスクとそれを構成する要素 (IPCC (2014) に基づき作成)

国立環境研ウェブサイトより  
<https://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/61/column1.html>

# 気候変動への適応とデータの活用

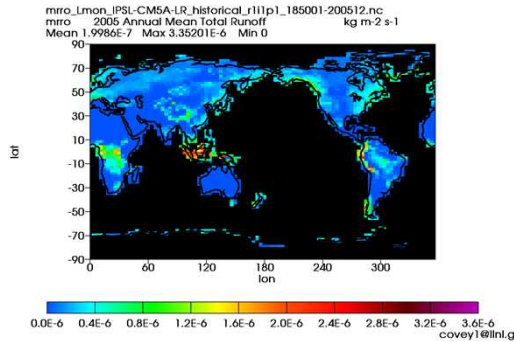
- 気候変動によるリスク評価は気候変動予測データと対象の脆弱性・暴露の情報を組み合わせて行う
  - リスクのスクリーニング
  - 適応策の策定・オプションの検討
- 観測・予測情報を活用した適応策
  - モニタリングの重要性
  - リスクの早期検知システム
- 垂直統合型のソリューションが求められている

# DIASにおける気候変動適応研究

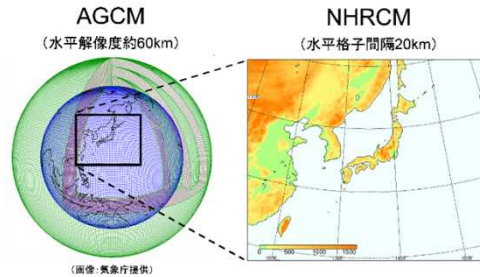
- 気候変動予測データセットの収集と公開
  - データセット公開システム
  - 大規模データから必要な部分を切り出すツール・API
- 気候変動適応のためのアプリケーション開発
  - 個別の課題に対応するために必要なデータ収集・ツールの開発
- 今回紹介する例：生態系のモニタリング、洪水・旱魃の早期警戒



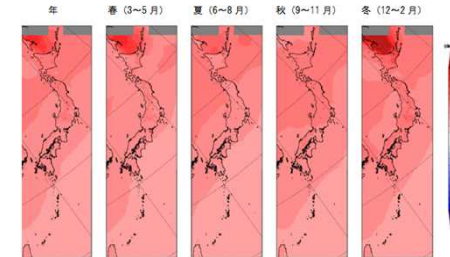
# モデルデータ



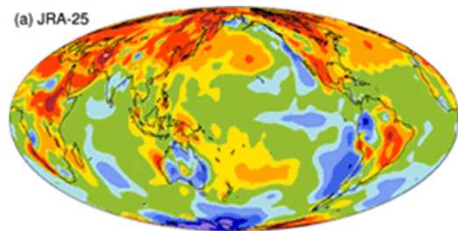
第5次結合モデル相互比較  
プロジェクトデータ(CMIP5)



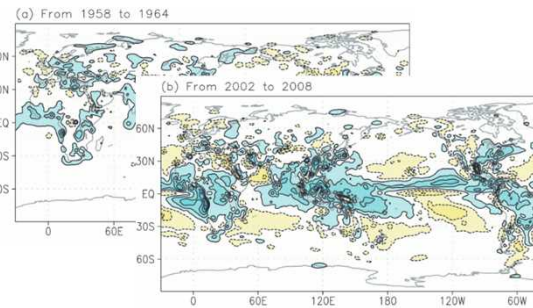
地球温暖化対策に資する  
アンサンブル気候予測  
データベース(d4PDF)



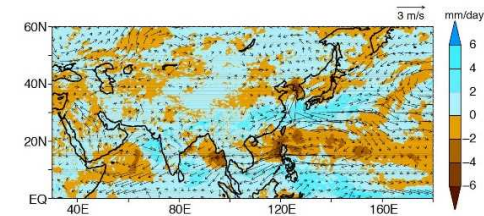
気象庁温暖化予測情報



55年長期再解析(JRA-55)



25年長期再解析(JRA-25)

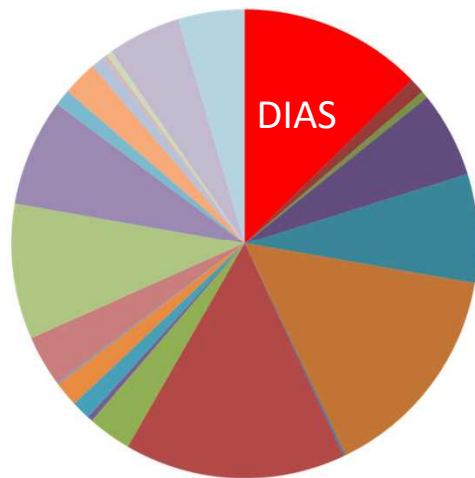


20kmメッシュ  
全球大気モデル出力(GCM20)

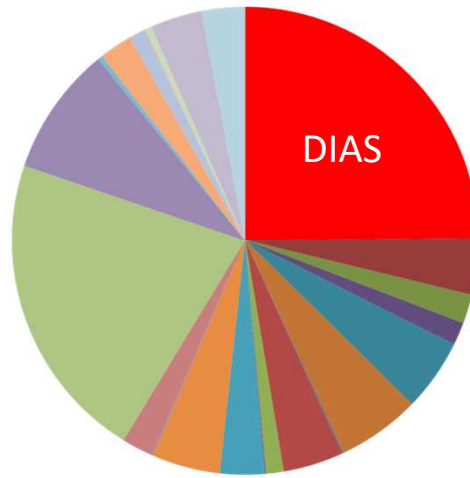
気象予測・気候変動予測モデルの約50データセットを投入

# CMIP5データの公開(2011-)

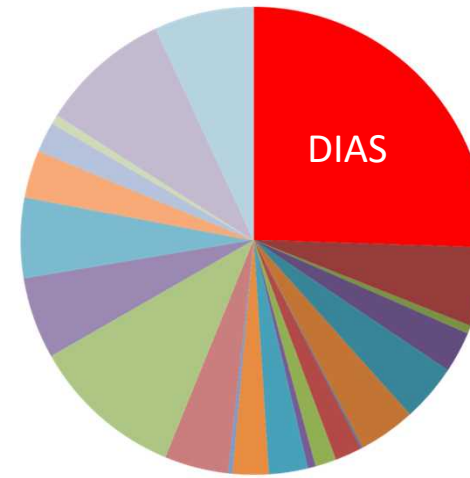
- CMIP5の公開システムであるEarth Grid System (ESG) のノードとして、CMIP5データを2011年9月より公開
- 日本で作成されたCMIP5データ97万ファイル、460TB以上を公開
- 2015年2月現在、オリジナルデータに関し、公開するファイル数、データ量において世界中のノードの中で最大



データセット数



ファイル数



データ量



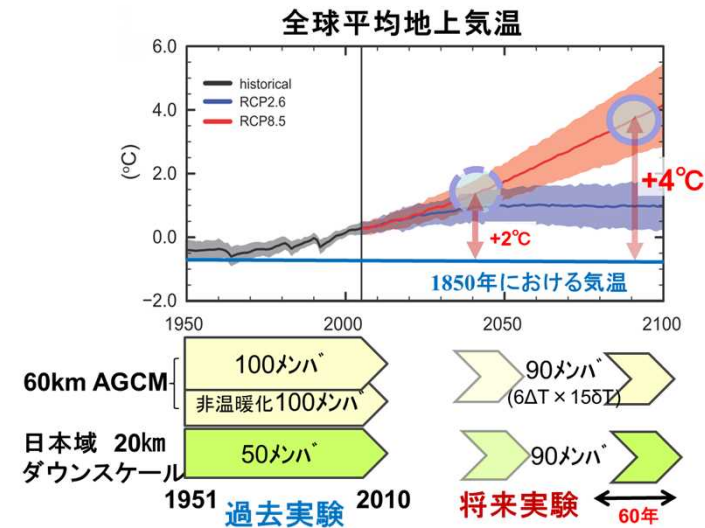
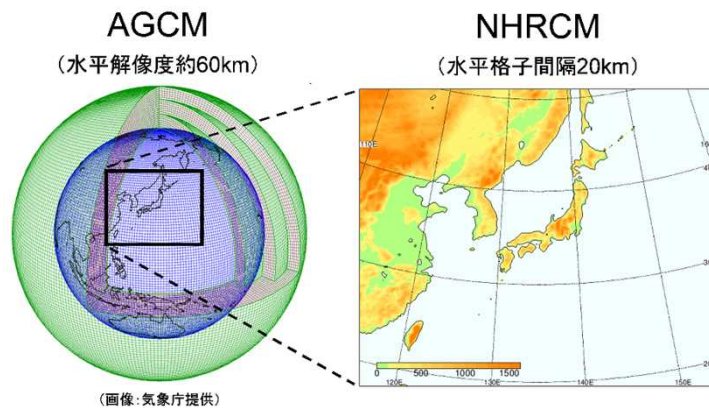
# CMIP6データの公開(2018-)

- CMIP6公開用の仮想マシンの立ち上げ、ESGFのインストール
- 統合プログラム担当者  
と公開手順を協議
- 485,437データセット、  
2740377ファイルの公開

公開日	データセット数	ファイル数	Source Id	Activity
2018/12/12	338	832	MIROC6	CMIP
2018/12/14	200	200	MIROC6	CMIP
2019/2/23	546	546	MRI-ESM2-0	CMIP, ScenarioMIP
2019/3/8	1668	3581	MRI-ESM2-0	CMIP, RFMIP, ScenarioMIP
2019/3/11	2354	15371	MIROC6	CMIP, FAFMIP
2019/3/18	6	390	NICAM16-7S	HighResMIP
2019/3/20	486	1845	MRI-ESM2-0	DAMIP
2019/3/25	35	2275	NICAM16-7S	HighResMIP
合計	5633	25040		

# d4PDF

- 全世界および日本周辺領域について、それぞれ60km、20kmメッシュの高解像度大気モデルを使用した高精度モデル実験出力
- 過去6000年分(日本周辺域は3000年分)、将来については5400年分



<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/index.html>より

# d4PDFオリジナルデータダウンロード

- 実験名、期間、変数カテゴリ、アンサンブルを指定して、ダウンロード

The image displays two side-by-side screenshots of the d4PDF download interface. The left screenshot is for 'Global Model Experiment Data' (全球モデル実験データ) and the right is for 'Regional Model Experiment Data' (領域モデル実験データ). Both pages show a list of experiments, a date range selector, a list of variables, and a list of ensembles. Red arrows point from labels '実験名', '期間', '変数カテゴリ', and 'アンサンブル' to the corresponding selection fields in both screenshots.

**実験名** (Experiment Name): Points to the list of experiments in the '実験' section.

**期間** (Period): Points to the date range selector in the '期間' section.

**変数カテゴリ** (Variable Category): Points to the list of variables in the '変数カテゴリ' section.

**アンサンブル** (Ensemble): Points to the list of ensembles in the 'アンサンブル' section.

全球モデル実験データ

領域モデル実験データ

# d4PDF切り出しインタフェース

**d4PDF切り出し**

選択データ  
73200 ファイル, 7.13GB

変数  
 \* 気圧水準 : HPa  
 \* 気圧水準誤差 : HPa\_UAT  
 \* 降水4変数誤差 (気圧パターン = CCSM4) : HPa\_AK\_CC  
 \* 降水4変数誤差 (気圧パターン = GFDL CM3) : HPa\_AK\_GF  
 \* 降水4変数誤差 (気圧パターン = HadGEM2 AO) : HPa\_AK\_HA  
 \* 降水4変数誤差 (気圧パターン = MIROC5) : HPa\_AK\_MI  
 \* 降水4変数誤差 (気圧パターン = MRI ESM MR) : HPa\_AK\_MP  
 \* 降水4変数誤差 (気圧パターン = MRI CGCM3) : HPa\_AK\_MR

期間  
1951 \* 10 \* ~ 2011 \* 12 \*

変数  
 \* 月平均値3次元大気データ (各年解像度1.25deg) : atm\_lev\_atm\_1\_25deg  
 \* 月平均値3次元大気データ : atm\_3nm\_lev\_mon  
 \* 1時間平均気象データ : presm\_lev\_1hr  
 \* 気象観測データ : sfc\_lev\_obs  
 \* 気象観測データ (各年解像度1.25deg) : sfc\_lev\_obs\_1\_25deg  
 \* 日平均値2次元データ : sfc\_lev\_day  
 \* 日平均値2次元データ : sfc\_lev\_mon  
 \* 日平均値1時間平均気象データ : sfc\_lev\_obs\_1hr  
 \* 日最大値2次元データ : sfc\_max\_day  
 \* 日最大値2次元データ : sfc\_max\_mon  
 \* 0.5時間解像度2次元データ : sfc\_smp\_0hr\_2byte  
 \* 日平均値2次元データ (緯度) : sfc\_soswid\_lev\_day  
 \* 1時間解像度3次元大気データ (各年解像度2.5deg) : atm\_25lev\_smp\_1hr\_2\_5deg  
 \* 0.5時間解像度3次元大気データ (緯度レベリング) : atm\_smp\_0hr\_1\_25deg  
 \* 0.5時間解像度3次元大気データ (緯度レベリング) : atm\_smp\_0hr\_2byte  
 \* 日平均値3次元大気データ : sptux\_lev\_day

アンサンブル  
 \* m001 \* m002 \* m003 \* m004 \* m005 \* m006 \* m007 \* m008 \* m009 \* m010 \* m011 \* m012 \* m013 \* m014 \* m015 \* m016 \* m017 \* m018 \* m019 \* m020 \* m021 \* m022 \* m023 \* m024 \* m025 \* m026 \* m027 \* m028 \* m029 \* m030 \* m031 \* m032 \* m033 \* m034 \* m035 \* m036 \* m037 \* m038 \* m039 \* m040 \* m041 \* m042 \* m043 \* m044 \* m045 \* m046 \* m047 \* m048 \* m049 \* m050 \* m051 \* m052 \* m053 \* m054 \* m055 \* m056 \* m057 \* m058 \* m059 \* m060 \* m061 \* m062 \* m063 \* m064 \* m065 \* m066 \* m067 \* m068 \* m069 \* m070 \* m071 \* m072 \* m073 \* m074 \* m075 \* m076 \* m077 \* m078 \* m079 \* m080 \* m081 \* m082 \* m083 \* m084 \* m085 \* m086 \* m087 \* m088 \* m089 \* m090 \* m091 \* m092 \* m093 \* m094 \* m095 \* m096 \* m097 \* m098 \* m099 \* m100

領域  

 North [0] East [180]  
 West [0] South [0] (in degrees)

全球モデル実験データ

**d4PDF切り出し**

選択データ  
36600 ファイル, 741GB

変数  
 \* 地上大気データ : surf  
 \* 地形標高誤差データ : ph2m  
 \* 土壌湿度データ : soildata

アンサンブル  
 \* m001 \* m002 \* m003 \* m004 \* m005 \* m006 \* m007 \* m008 \* m009 \* m010 \* m011 \* m012 \* m013 \* m014 \* m015 \* m016 \* m017 \* m018 \* m019 \* m020 \* m021 \* m022 \* m023 \* m024 \* m025 \* m026 \* m027 \* m028 \* m029 \* m030 \* m031 \* m032 \* m033 \* m034 \* m035 \* m036 \* m037 \* m038 \* m039 \* m040 \* m041 \* m042 \* m043 \* m044 \* m045 \* m046 \* m047 \* m048 \* m049 \* m050 \* m051 \* m052 \* m053 \* m054 \* m055 \* m056 \* m057 \* m058 \* m059 \* m070 \* m081 \* m082 \* m083 \* m084 \* m085 \* m086 \* m087 \* m088 \* m089 \* m090

領域  

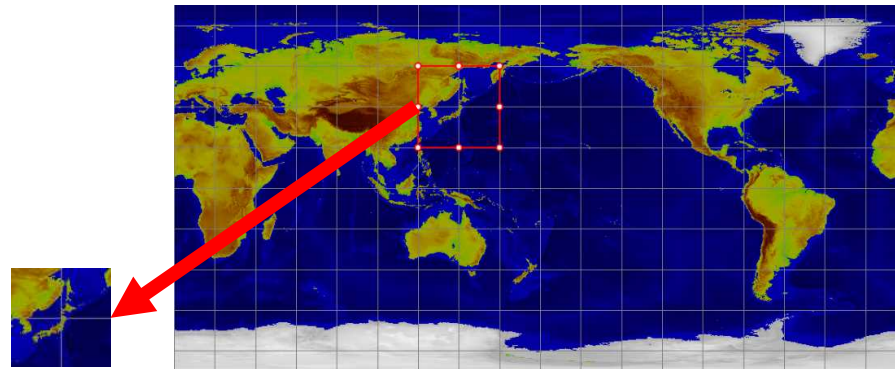
 Xleft [130] Ytop [10] Xright [140] Ybottom [0] (in degrees)

領域モデル実験データ

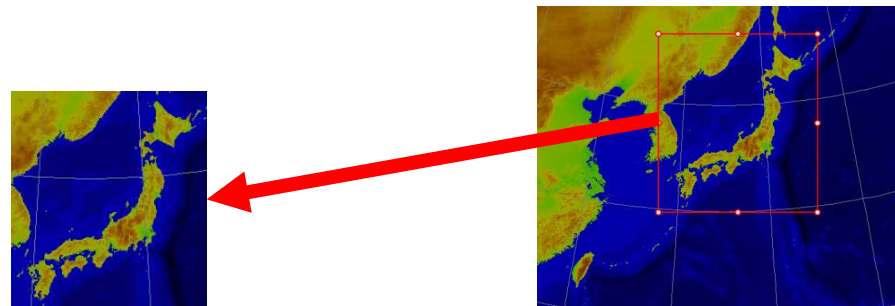
- 指定された期間、変数名、領域に従い、オリジナルファイルより、データを切り出し、ダウンロード
- 切り出されたファイルに対応するGrADS用 Gridded Data Descriptor File を作成、添付

# d4PDF切り出しAPI

- 利用者環境において、コマンドラインにより指定された期間、変数、領域に従い、オリジナルファイルよりデータを切り出し、提供。
- 切り出されたファイルに対するGrADS用Gridded Data Descriptor Fileを作成、添付



全球モデル実験データ



領域モデル実験データ

例) `d4pdf-extract -f 195101 -t 195112 -w 120 -e 150 -n 60 -s 30`  
`GCM/HPB/m001/sfc_avr_mon UA VA`

期間

領域

モデル/実験/アンサンブル/カテゴリ

変数

# 市民科学「蝶」データ収集システム

## ・東京のチョウに関するデータ収集

ITを用いたWebサービスにより、  
市民科学で写真付きデータを大量に収集し、品質管理を行い、  
データを公開しながら市民にフィードバックしてスキルアップ

データ収集API

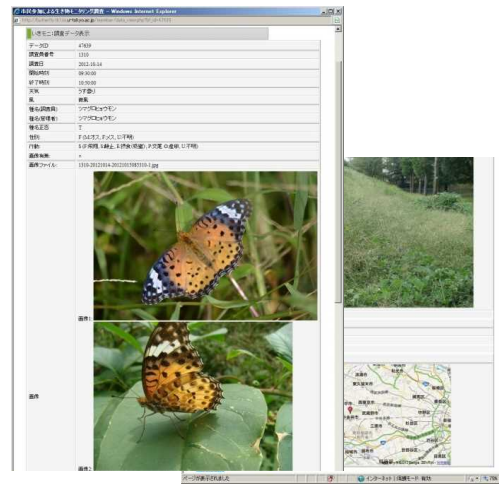
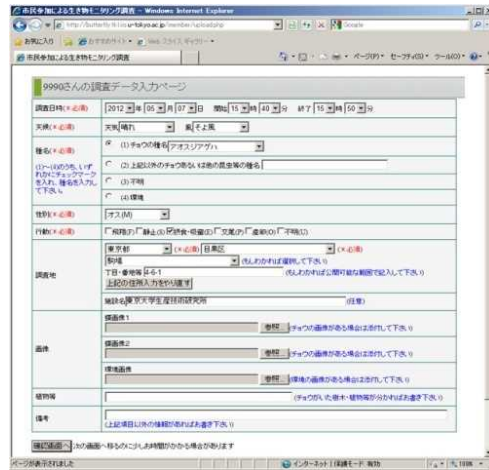
データ品質管理API

データ共有API

- ・調査員による作業
- ・Webブラウザで入力
- ・ほとんどの項目が選択式
- ・画像のアップロード

- ・保全生態学の研究者による作業
- ・Webブラウザで種名や位置情報を修正
- ・特記すべき情報があれば追加

- ・一般にWebで公開
- ・データ利用の促進、活動のアウトリーチ
- ・調査員へのフィードバック



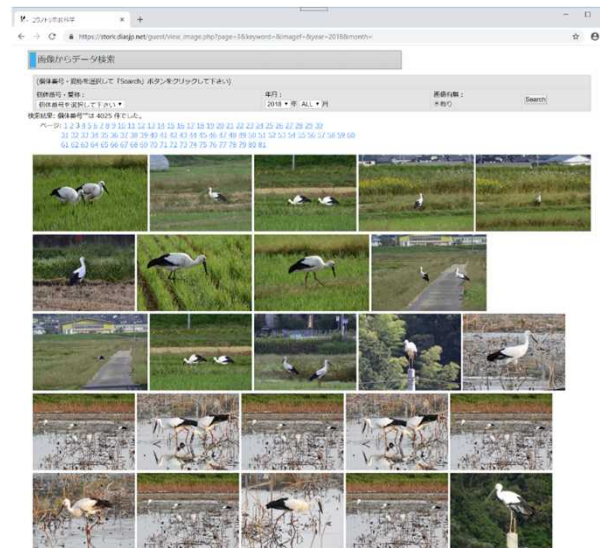


# コウノトリデータ収集システム

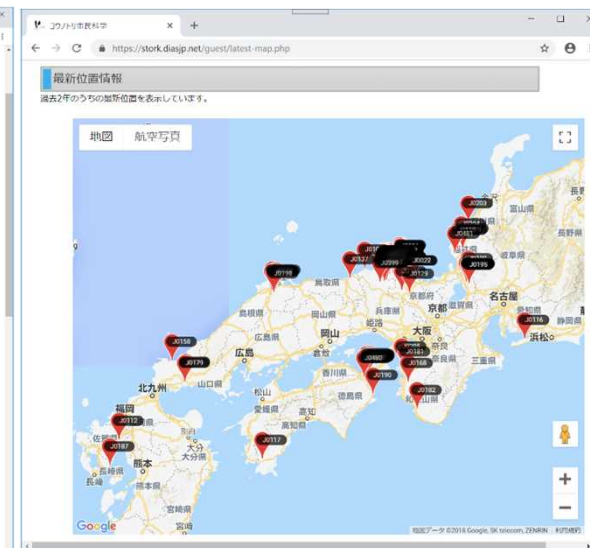
- 市民科学データ収集アプリケーションについて、適用例拡大のためにコウノトリを対象
- 生態学的な知見を蓄積し、野生個体群再生に寄与することを目標
- Webブラウザまたはスマートフォンアプリケーションからデータアップロード可能
- 2018年度4月に試験運用を開始し、7月に本運用を開始。2021年10月までに約**39,000件**のデータを収集。



データアップロード

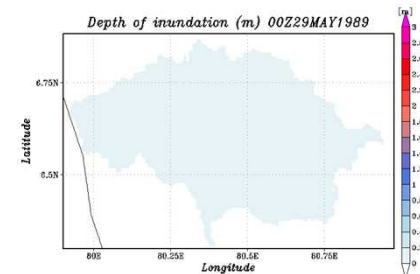
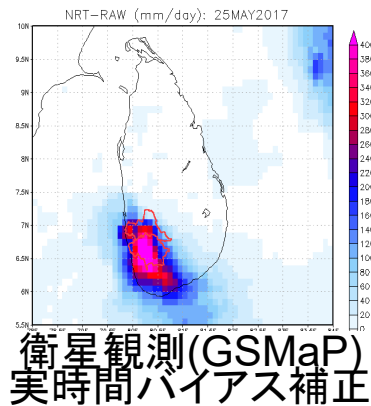
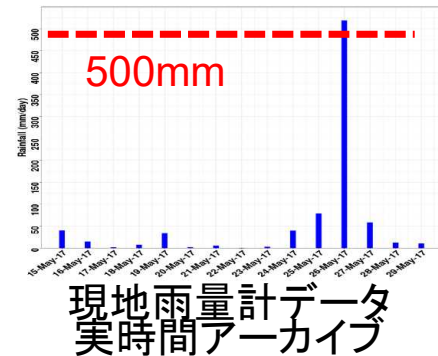


データ公開(画像列)



データ公開(個体分布マップ)17

# スリランカ洪水管理支援システム



Implemented by EDITORIA and ICHARM on DIAS

In-situ rain gauge data (6 numbers)

Satellite precipitation data (GSMaP)

Ensemble forecasting rainfall for the next 16 days (max)

Himawari-8 cloud images

Inundation map by satellite data (ALOS-2)

4 hr latency data (NRT)    Real time data (NOW)

Calibration

## Flood Forecasting for Sri Lanka

**On-line Information provision on DIAS:** In-situ rainfall, satellite rainfall, calibrated and forecast rainfall, inundation simulations

**Flood Forecasting for Sri Lanka**

Realtime Rain Monitor (ALL Rain Gauge, 30 Days)

Station	Station Name	Label	24 hrs	3 Days	16 Days
A	Kalutara	Open	10.6mm	173.3mm	
B	Kalutara	Open	1.4mm	11.6mm	167.3mm
D	Ratnapura	Open	1.9mm	6.4mm	167.3mm
D	Ratnapura	Open	2.8mm	12.9mm	163.9mm
E	Colombo	Open	0.0mm	6.6mm	164.8mm
F	Colombo	Open	Open	Open	166.6mm

**Inundation analysis by using RRI in DIAS**

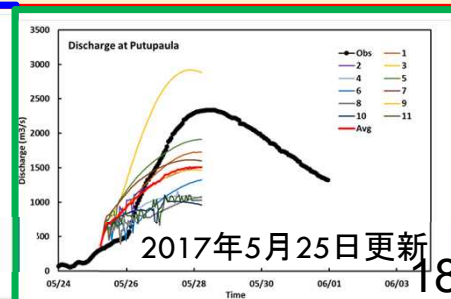
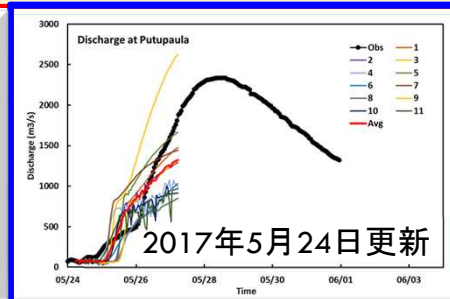
**RRI model**

Simulation and forecasting of river discharge, water level, inundation extent

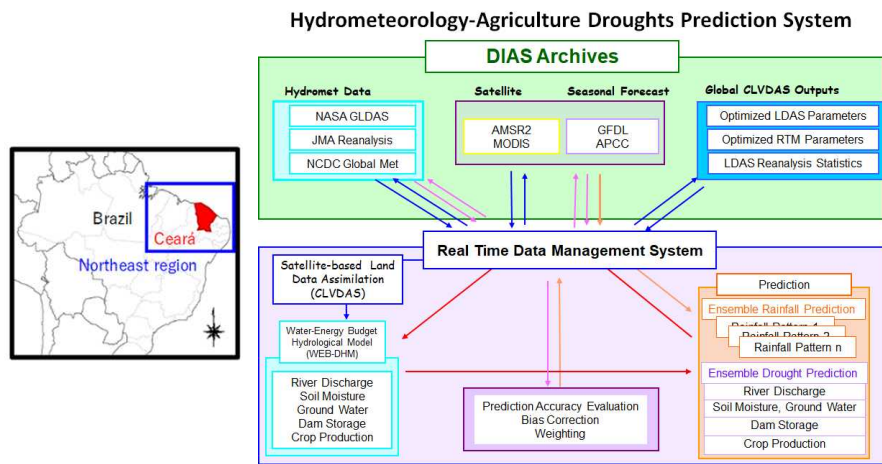
Concept of RRI model

Inundation analysis results

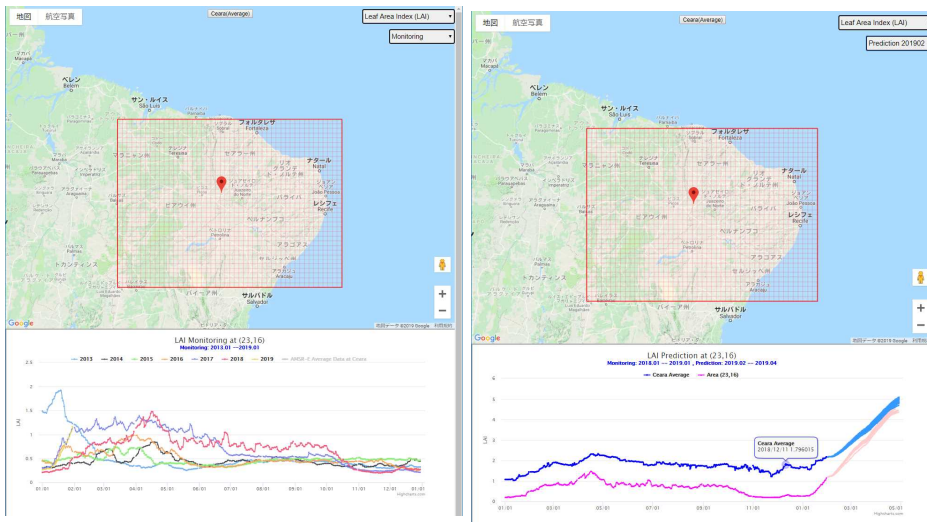
アンサンブル  
洪水72時間  
予測  
11メンバ  
毎日更新



# ブラジル北東域干ばつ監視予測システム

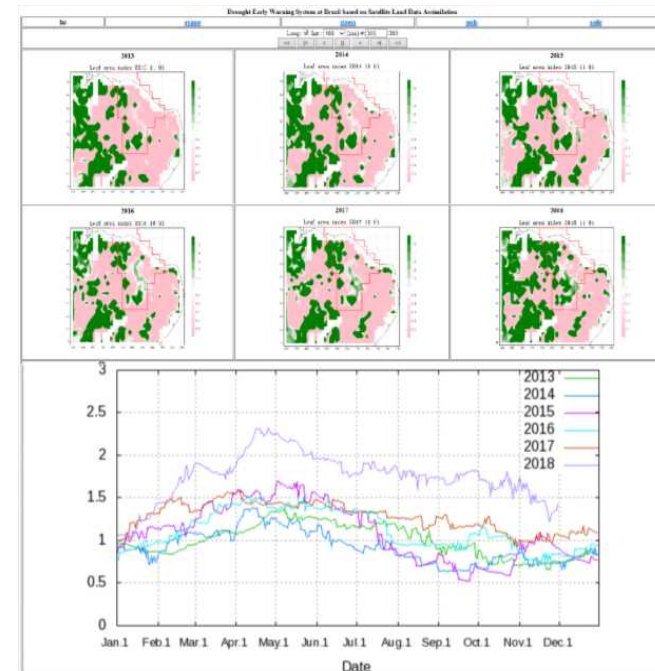


- ブラジル・セアラ州において水文-陸上生態系結合同化システムを用いた旱魃状況のモニタリング・予測システム(世界銀行からの委託研究)
- LAI, 土壌水分、蒸発散等を1ヶ月ごとにリアルタイム処理・配信サービスを運用中



ピンポイントモニタリング  
2013-最新

ピンポイントアンサンブル予測  
3か月先まで12アンサンブル



LAIの年々変動モニタリング

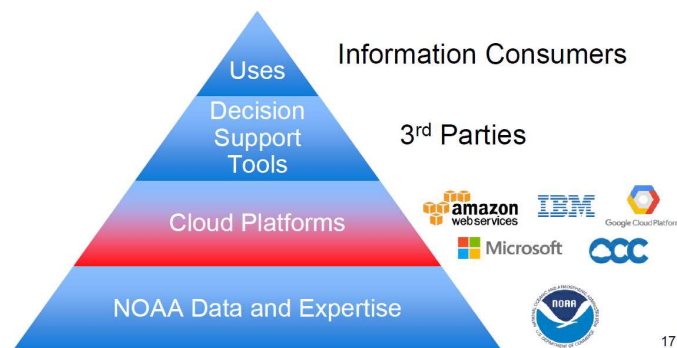
# データ連携システムの形態

1. さまざまな情報のデータ化、オープン化
  - まずは数値データ化、一般公開
2. 分野内でのデータの収集・データベース化
  - ライセンスの設定、メタデータの整備
3. 分野横断的なデータの連携（垂直統合型）
  - 特定の目的のために複数のデータを組み合わせて活用
  - 基盤となる環境場とその上の応用分野の連携が多い
4. データ連携基盤（水平・ネットワーク型）
  - 垂直統合型連携をやりやすくするための仕組み
  - 新たなニーズに対応しやすくする
  - データエコシステム

# 地球観測データに係る海外のデータプラットフォーム（PF）の動向

## 米国の主要PFの動向

### NOAA Big Data Program (2015年～)

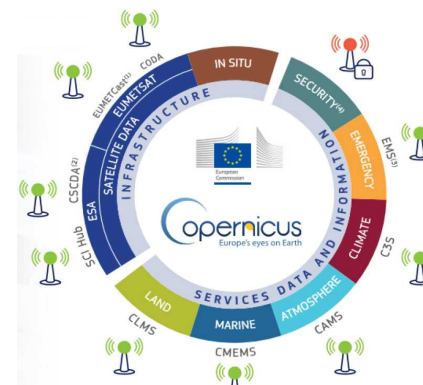


出典：Kearns (2018) “NOAA’s Big Data Project”. (参考資料3.)

- 公開されている気候変動に関する政府指針等を踏まえ、「NOAA Big Data Program (BDP)」を開始。
- NOAAが保有する気候データ等（衛星観測、IN-SITUデータ）を商用クラウドに開放（AWS、Microsoft、Google、IBMなど）。
- 2015年から2019年まで各企業との間でR&Dを行い、2019年にAWS、Microsoft、Googleと複数年契約を締結してオペレーションフェーズに移行。（商用クラウドは計算資源・創出データのストレージの提供等により収益）

## 欧州の主要PFの動向

### Copernicus Project (2013年～)

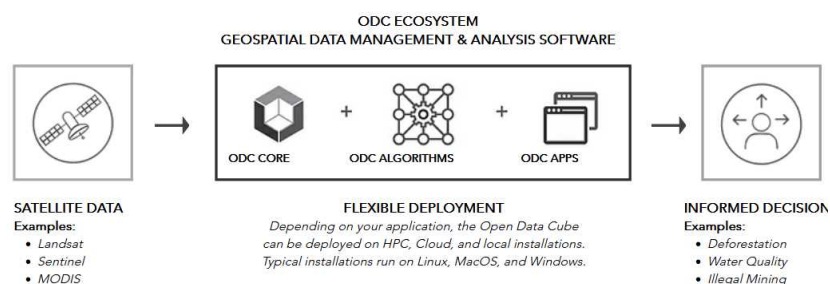


出典：立川(2018) “欧州コペルニクスの動向”. (参考資料5.)

- ESAや欧州諸国が所有する衛星・民間企業の商業衛星のデータ及び現場観測データを合計10のデータプラットフォームを通して提供。
- ユーザー視点でより使いやすいプラットフォームとして Copernicus Data & Information Access Service (DIAS)を開発。データの処理・分析ツールやソフト等を搭載し、コペルニクスの全データをクラウド上のデータプラットフォームで提供。
- Copernicus DIASは4つの民間コンソーシアムによる民間サービス（欧州委員会からの委託）として2018年から運営。

## 豪州の主要PFの動向

### Open Data Cube (2017年～)

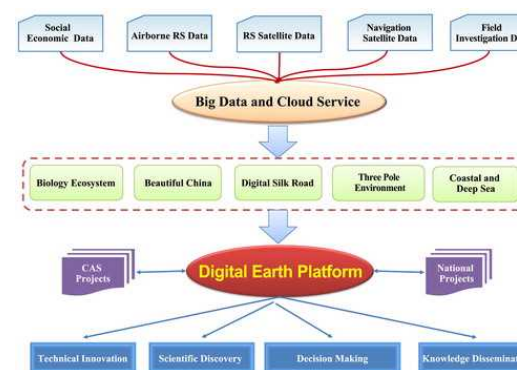


出典：Open Data Cube “Overview”. (参考資料6.)

- オープンになっている衛星のAnalysis-Ready Data (ARD)を用いた地球観測衛星データのプラットフォーム。
- Open Data Cube (ODC)は完全なオープンソースであり、各ユーザのインストールも無料。
- ODCはCSIRO等の研究機関の研究者と「CISRO Earth Analytics Industry Innovation Hub」に参加している100社以上の企業群を主なユーザとして想定。

## 中国の主要PFの動向

### Big Earth Data Science Engineering (CASEarth) (2018年～)

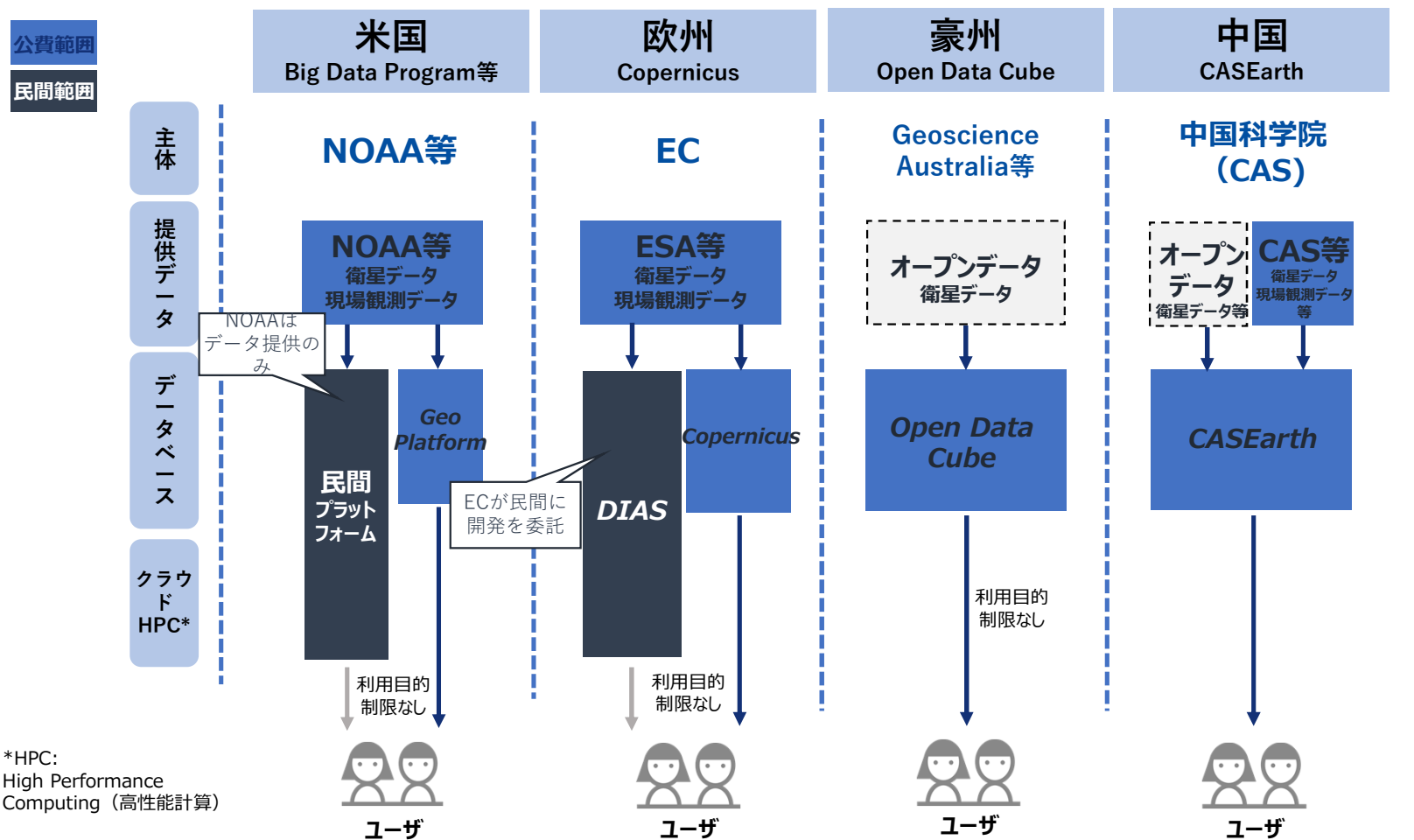


出典：Guo (2017) (参考資料8.)

- 地球ビックデータ研究のためのプロジェクトで中国科学院（CAS）が主体。小型衛星開発プロジェクトやビックデータとクラウドサービスプラットフォーム、生物多様性等、8つの研究領域がある。
- CASEarthは2020年末までに合計8PBの地球観測データを公開し、今後も毎年約3PBのデータを更新予定。また、生物多様性等のデータも公開している。
- 科学者に対してアプリケーション開発環境やデータ管理ストレージ等のクラウドサービスも提供。

# 地球観測データに係る海外のデータプラットフォーム（PF）の動向 3/3

## データ提供スキーム外観

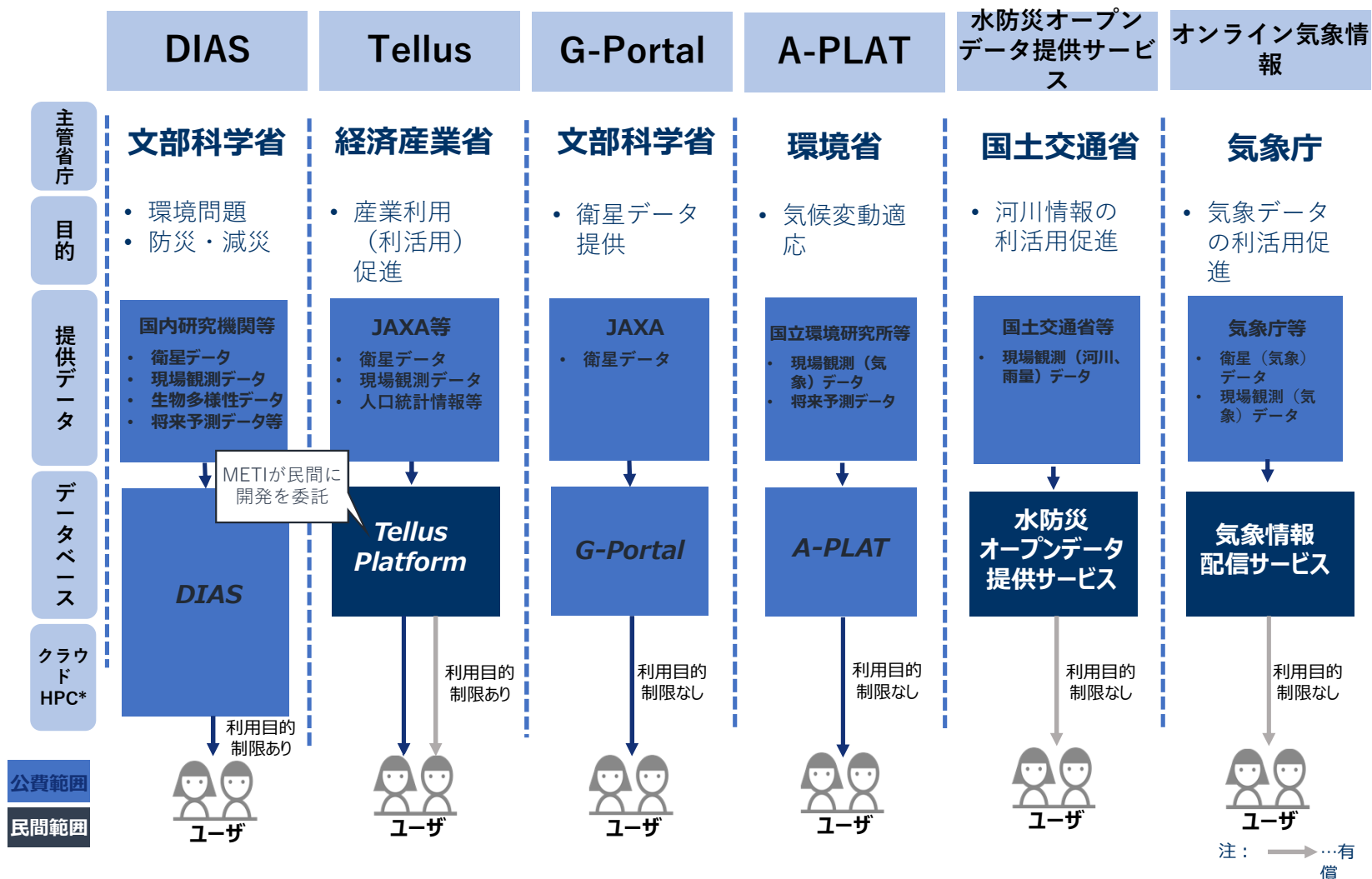


\*HPC: High Performance Computing (高性能計算)

注: →...有償

# 地球観測データに係る国内のデータPFの状況

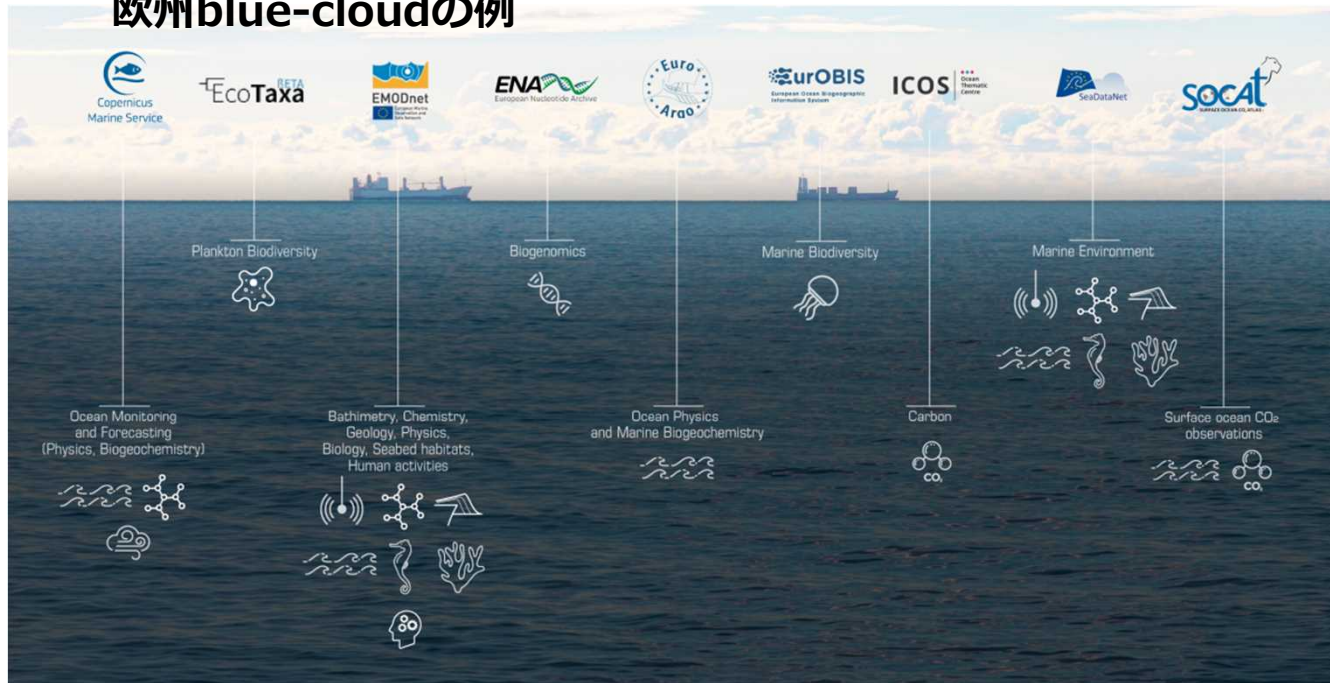
## データ提供スキーム外観





# データセンターからサービスプラットフォームへ

## 欧州blue-cloudの例



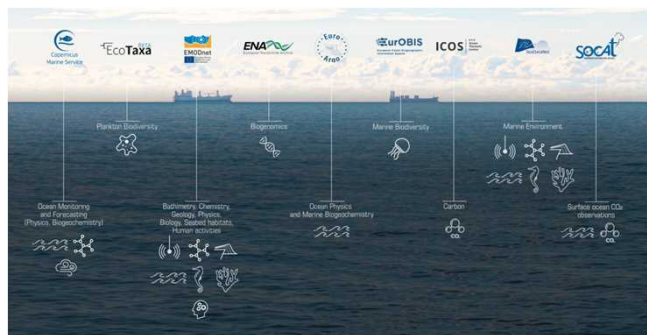
既存の海洋分野のデータセンターを連携し、サービスアプリケーションを開発するための基盤プラットフォーム



<https://www.blue-cloud.org/>より

# データセンターからサービスプラットフォームへ

## 欧州blue-cloudの例



Blue-Cloud

Five, real-life demonstrators

- Plankton Genomics
- Zoo and Phytoplankton EOY products
- Fish, a matter of scales
- Marine Environmental Indicators
- Aquaculture Monitor

## Blue-Cloud パイロットプロジェクト

- 植物プランクトンEOV
- プランクトンの分析
- 海洋環境指標の開発
- 漁業データの管理と分析
- 養殖モニタリング

<https://www.blue-cloud.org/>より

# DIASのSDGsへの貢献

- 気候変動がさまざまな分野へ与える影響とその対策について、気候変動予測データを活用した最先端の研究開発を行う
  - 社会実装まで含めたデータ活用の成功事例の創出
- 多様な分野・専門の研究者・技術者などがco-design, co-workingを実践する共創基盤を構築
  - 先進事例をもとにした共通データ・ツールの整備
  - データベース・プラットフォーム連携