

# なぜ計算情報科学・技術を学ぶか？ その2

## 最低限知識の確認と さらなる飛躍にむけて

石渡正樹・倉本圭

北海道大学 大学院理学研究院・理学院宇宙理学専攻

林 祥介・高橋芳幸・檜村博基

神戸大学 大学院理学研究科・惑星学専攻

はしもとじょーじ

岡山大学 大学院自然科学研究科・地球科学専攻

**2020年9月30日**

# 目次

- **情報実験の哲学**
  - 自分で勉強する、やってみる、教えあう
- **最低限確認：技術知識編**
  - 計算機あれこれ、ネットワーク基本単語・基本概念
- **最低限確認：利用者知識編**
  - セキュリティ、ルールとマナー、インターネットの歴史と文化
- **さらなる飛躍に向けて**
  - Bush の夢、情報化時代の科学
  - 世の中における展開
- **近傍における活動と展開**
- **今後の活動**
  - ITPASS の紹介

# 情報実験の哲学

# 情報実験の哲学

- 計算機と情報ネットワークの  
文化的背景と最低限の技術・作法
- 学びのスタイル(自力更生)
  - 受動から能動へ:  
自分で調べる、やってみる
  - 相互扶助へ:  
近しいレベルの人々の間で教えあう、教えることで学ぶ
- 自分の置かれているネットワーク環境がどのように  
成り立っているのかに思いをはせる
  - 見えない周囲との関係性
  - 様々な知見のルーツ
  - よって立つ文化

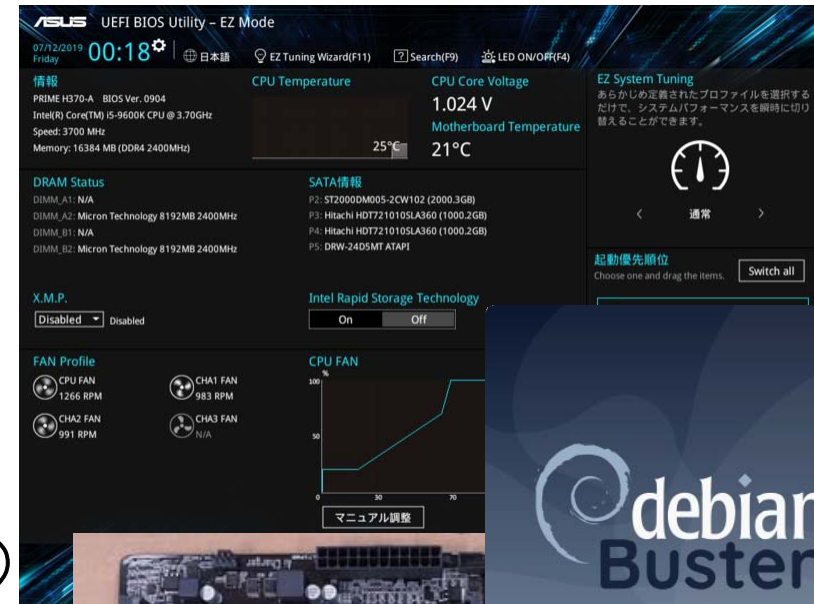
**最低限確認：技術知識編**

# 最低限確認：技術知識編

自分の情報環境は自分で構築 & 周囲に迷惑をかけない

## • 計算機あれこれ

- 計算機を構成するハードウェア
  - ・ メモリ, CPU, マザーボード, HDD, チップセット, バス, ...
- UEFI(昔はBIOS)
  - ・ OSとハードウェアとを仲介するファームウェア
- OSのインストールと起動
  - ・ UEFIの上にOS (基本ソフトウェア)
  - ・ 起動(ブート)と停止(シャットダウン)
- Unix(Linux)
  - ・ OSの一つ
  - ・ 複数のユーザで使うことが前提
  - ・ カーネルとシェルからなる
- X Window System
  - ・ Unix 上のユーザインターフェース
  - ・ 文字と絵が共存できるようになって登場



# 最低限確認：技術知識編

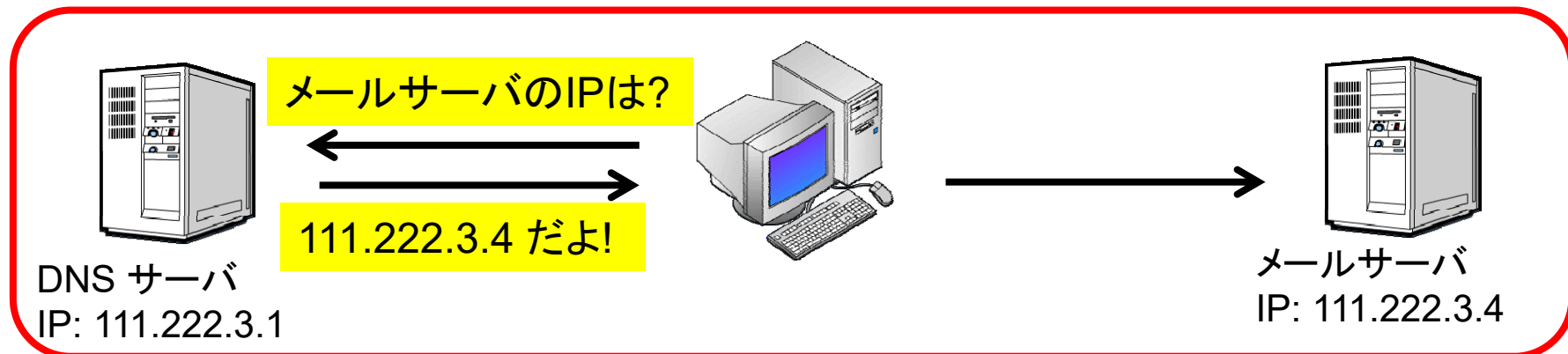
自分の情報環境は自分で構築 & 周囲に迷惑をかけない

## • ネットワークあれこれ

- TCP/IP: データをパケットに分割、通信相手へ送信
  - ・ パラメータを正しく設定しないとつながらない！
  - ・ パラメータ: IP アドレス, ネットマスク, ネットワークアドレス, ゲートウェイアドレス, ブロードキャストアドレス, MACアドレス

**111. 222. 3. 4**  
**= 01101111. 11011110. 00000011. 00000100**

- DNS : IP アドレスとドメイン名を対応させるシステム
  - ・ サーバを正しく設定しないとつながらない！



# 最低限確認：技術知識編

自分の情報環境は自分で構築&周囲に迷惑をかけない

- ネットワーク基本単語あれこれ

- ポートとデーモン:

- ・ データ(パケット)の窓口と管理プログラム

- クライアント・サーバ

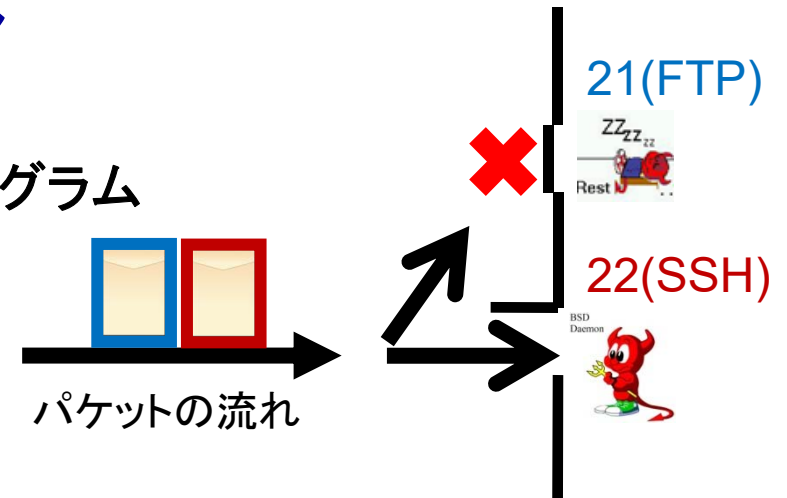
- ネットワークを介した分業処理

- X Window System

- 遠隔計算

- http

- smtp





# 最低限確認： 利用者知識編

# 最低限確認：利用者知識編

## セキュリティに対する高い意識を持つ

- 自分を守る
  - アカウムの乗っ取り・自分の資源の不正利用・破壊を防ぐ
- 自分を守る＝仲間(大学・職場)を守る
  - 計算機内の他のユーザやグループの資源の不正利用・破壊を防ぐ
  - 計算機の乗っ取りを防ぐ
- 自分を守る＝世界(ネットワーク全体)を守る
  - 乗っ取られた計算機による他の計算機資源・ネットワークへの攻撃を防ぐ

# 最低限確認：利用者知識編

## セキュリティに対する高い意識を持つ

- ネットワークに常時接続された計算機は**危険物**

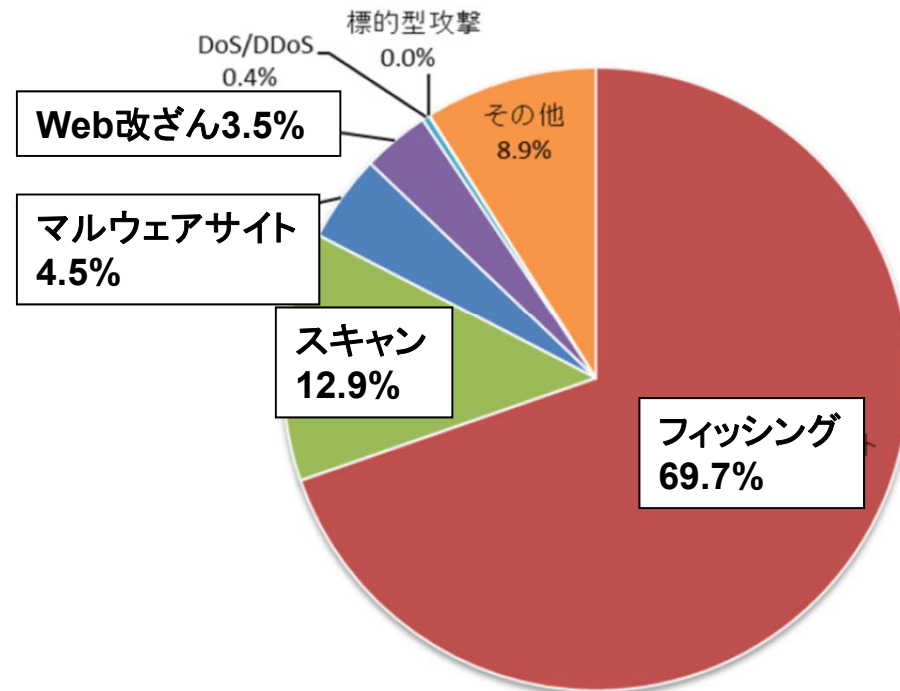
### － 車と似ている

- 運用操作技術の習得, 適切な日常点検, 適切な管理
- 整備不良, 管理不備により深刻な被害をもたらした場合は刑事責任

### － 技術進歩に追従する必要がある

- セキュリティ情報

報告を受けたインシデントのカテゴリ別割合



JPCERTに報告されたセキュリティ

インシデントのタイプ別内訳

2020年1月～3月のデータに基づく。

(1月:1788件, 2月:1775件, 3月:2947件)

マルウェアサイトとは悪質なソフトウェアをダウンロードさせる偽サイトのこと。

# 最低限確認：利用者知識編

## セキュリティに対する高い意識を持つ

- パスワードと暗号化：  
アカウントと計算機の乗っ取りを防ぐために
  - 良いパスワードをつける
    - ・ 自分にわかりやすく、他人に分かりにくいもの
    - ・ 10文字以上, 異なる文字・数字・記号を使う
      - 辞書に載っている可能性のある文字列はダメ
  - 暗号化通信を行う(偽装・盗聴・改ざんの対抗策)
    - ・ リモートアクセス(ログイン・ファイル転送)には **SSH , SCP**
    - ・ WEB アクセス / メール送受信時には **SSL / TSL**
    - ・ 盗聴を無効化するには秘密鍵 / 公開鍵暗号化方式を用いた **暗号化と復号**
    - ・ 改ざんに対抗するには**デジタル署名**

# 最低限確認：利用者知識編

## セキュリティに対する高い意識を持つ

- ネットワーク空間との接点を最小限にする

- 不要なポートは閉める  
≡ 不要なデーモンを止める  
≡ 不要なアプリケーションソフトウェアをアンインストール
- アクセス制限：必要外のホストからのアクセス遮断

- セキュリティホールをなくす

- セキュリティ情報の確認

- JPCERT: <https://www.jpccert.or.jp/>

- 最新資源へのアップデートを怠らない



JPCERTのwebトップページ

# 最低限確認：利用者知識編

## ルールとマナー

- 計算機・ネットワークを悪用しない
  - 例)他の計算機へのクラッキング, 誹謗中傷書き込み
  - 大原則: 現実世界でやっていけないことはインターネット空間でもやってはいけない
    - ・ 規制されていることはいろいろある
    - ・ 注意を怠れば罪に問われることも
  - 関連の深い法律と犯罪
    - ・ 不正アクセス禁止法, 個人情報保護法, 著作権法, …
    - ・ 名誉毀損, 差別, ヘイト, 詐欺, 脅迫…
    - ・ 何が罰せられるかは日々変わる, 国によっても違う

# 最低限確認：利用者知識編

## インターネットの歴史と文化を知る

- 大学はUnix文化の布教継承の場であった
  - Unix の文化は古き良き大学の精神と親和的
    - インターネットは大学からはじまった
      - ・ 相互接続＝文字通り「ボランティア」精神
      - ・ 日本では
        - WIDE 1988 年～現在（村井純）
        - TISN 1989 年～1996 年（釜江常好）
    - 利用者は原則**自由な活動**が許容されてきた
      - ・ 自分で自分の環境を構築できる
      - ・ 自分の責任において何をやっても良い
    - 対応して個々人に要請されることは**高いモラル**
      - ・ **相互扶助精神**： 互いに協力してよりよいものを生み出す
      - ・ **自力更生**： 自分のことは自分でやる
      - ・ **無保証**であることの認識と覚悟
- 大学のインフラは常に挑戦を許すかくあるべきものであるが...

# 更なる飛躍に向けて

知の爆発と  
情報化時代の科学



# 背景となる思想

- **Vannevar Bush(1945)**

MITの副学長, 第二次大戦中は国防研究委員会議長, レーダーから対潜水艦作戦, マンハッタン計画にいたるまでの兵器開発計画の監督

- **人類の課題は知の爆発への対応**

人類にとっての真の挑戦は

原子をさらに細かく調べたり  
生命の複雑さを探求すること

ではなく

**科学技術が氾濫させる情報の  
よりよい管理方法を発見すること.**



[http://en.wikipedia.org/wiki/Vannevar\\_Bush](http://en.wikipedia.org/wiki/Vannevar_Bush)

# Bushの夢

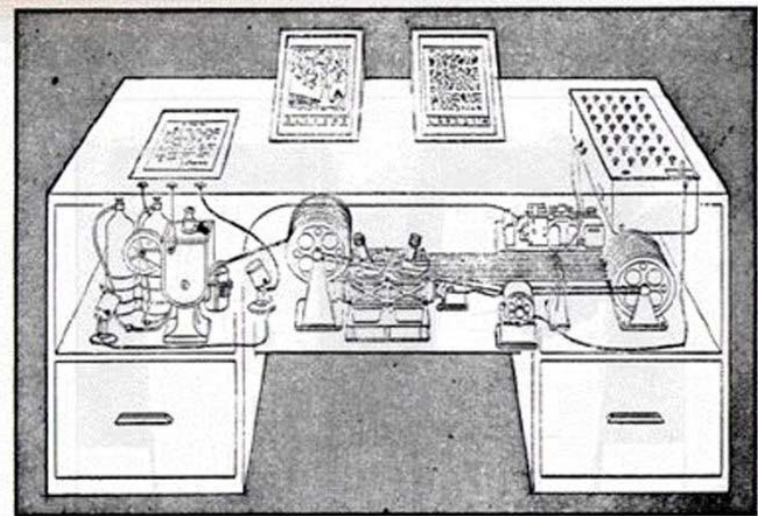
- Memex

- 関連がある異種の情報をつなぎ合わせる装置
- 誰もが自分専用の情報を整理蓄積できる
  - ・ 弁護士は、自分自身・友人・関係当局の関連意見や決定を探し出すことができる。
  - ・ 弁理士は、数百万件もの特許情報を即座に調べることができる。
  - ・ 医師は、類似した症例を手早く調べたうえ、解剖学や組織学などの書物まで引くことができる。
- 膨大な記録を整理して誰もが活用できるようにする先駆的な職業も生まれるだろう。

## Memexの概念図

media+art+innovationA forum about innovation in old and new media より

<https://mediartinovation.com/2014/06/06/vannevar-bush-memex-1945/>



Memex in the form of a desk would instantly bring files and material on any subject to the operator's fingertips. Slanting translucent viewing screens magnify supermicrofilm filed by code numbers. At left is a mechanism which automatically photographs longhand notes, pictures and letters, then files them in the desk for future reference (*LIFE* 19(11), p. 123).

# 情報化時代の科学とは

- **科学者**
  - 伝統的には一次生産者  
新たな知見を見出す人、情報を作る人
- **情報化時代とそこでの科学(Bush 1945 の実践)**
  - **知の爆発**細分化専門化
    - ・ いわゆる知識量(知見)の増加
  - **大容量化**
    - ・ 観測や計算機の吐き出すデータは膨大
    - ・ ビッグデータ=ICTの発達によってこれまで捨ててたデータまで溜め込める
  - **情報の流通, 加工, 掌握が科学においても大きな役割**
    - ・ 情報科学
    - ・ 情報科学を駆使した科学
    - ・ それぞれの分野でそれを可能にする情報環境(基盤)開発整備

# 夢の実現？

- 知見の集積と検索

- 検索：Google等

- ・ 「ネットワーク越しに計算機に聞くと答えてくれる」の一つの形

- Wikipedia等

- ・ 幅広い分野の知見を網羅, ハイパーリンクによる相互参照

- インターネットとサーバ(ホームページ)サービス等

- ・ 誰でも情報提供、誰でもアクセス

- Youtube / ニコニコ動画等

- ・ 「やってみた」から自然現象まで種々の動画

- Facebook、インスタ、ツイッター 等

- ・ ボーダーレス(あるいは逆に選択的)コミュニケーション

- Jupyter Notebook 等

- ・ データ・計算・記述の融合

# 夢は実現したのか？

- **こういうので十分か？**

- Wikipedia:

- ・ 誰が何をどの程度書く書かない問題

- Google: 検索上位にかからない情報は捨てられる

- ・ 集合知 ≠ 知の生産に必要な知

- 情報の信頼性問題(ネット上には嘘ばかり?)

- ・ post-truth デマ

- ・ 一般に、その道の専門家はなかなかその道の情報を発信しない(いい加減なこと書けない・書きたくない)

- ・ 既存報道機関の崩壊と検証能力の消失、匿名性とダークサイドの噴出

- **知の生産者は、知の生産者にふさわしい知識の集積と提供の形を模索する必要があるだろう**

# 科学の情報化

- よりよい知見のよりよい集積, そのよりよい引き出し方を見出す
  - 情報科学の知見が活用できると, よりよい情報化の方法を思いつくことができる
  - 情報化された知識から新たな発見が得られる

なんのこともない、ものを考えることそのもの

# 科学の情報化

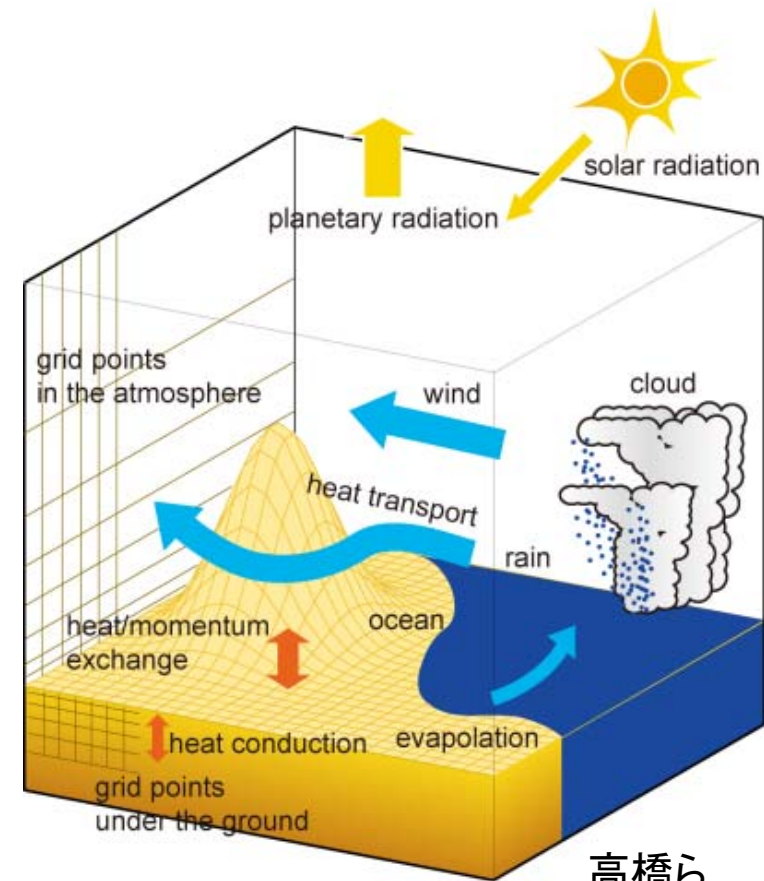
- 具体的には「計算機ってもんができたので、計算機に科学の知識を教えていく」ことになった
  - 我々はいったい何を知っているのかを知る
    - ・ 我々の知識の形(構造)を明らかにする
  - 知識(データ)の構造化
    - ・ 並べ方や
    - ・ 目次
    - ・ 検索の仕方、見せ方
  - 記述の標準化(言語化)
    - ・ 教科書を「電気仕掛け」にしていく
    - ・ シミュレーションモデル＝理解のアルゴリズム化された総体
    - ・ コンピュータが相互にやり取りできる知識データの構造やソフトウェア

# 科学の情報化

## 数値モデル

### • 例) 大気大循環モデル

- 大気の循環・熱力学量・物質分布の時間発展を計算するソフトウェア
- 気象学の知見の集積の場
  - ・ さまざまな理論・観測などの知見が盛り込まれている
- 我々の理解の整合性を検証する装置
- 予測に供するのみならず観測設計にも使う
- 多様な可能性
  - ・ 系の構成, 計算の仕方によって異なるモデルがありうる
  - ・ 個々人・各研究グループで開発する必要がある





# 日本の問題

- 情報生産のための基盤技術と情報集積の独占化
  - 米国産ソフトウェアの流通
    - ・ 数値流体モデル: MM5, RAMS, ARPS, MOM, ZEUS, ...
    - ・ 可視化: GrADS, Vis5D, ...
    - ・ 解析: Python, Matlab, ...
  - 米国への情報の集積
    - ・ 様々なデータベース
    - ・ Google の野望?
    - ・ 欧州の対抗(科学雑誌の独占問題)
  - 情報生産の「グローバリゼーション」(あるいは米国支配)
    - ・ 「誰か」が作ってくれたソフトウェア(理解の枠組み)を使うだけの方が、短期的な業績効率は向上するので人々は喜んで受け入れる
  - その代わりに「誰か」の理解の枠組みから飛び出して思考を展開することは困難になる
    - ・ 日本において自然科学研究を実施することの意義が問われる

# 日本の問題

- 情報化時代の「先進国」あるいは文化的独立性の要件とは
  - 情報を掌握すること
  - 情報の集積点となること
  - 情報利用者だけの国は(たぶん)脱落
- 言語問題
  - 日本語の危機＝日本の危機(?)
    - ・ 日本語で考えられるということは実はあたりまえではない
    - ・ 日本語空間を豊かにしてきてくれた先人の努力の賜物

# 注:ビッグデータ

- ビッグデータ？

- 地球惑星科学じゃ昔からデータはビッグにきまっている(何を今頃)
    - ・ ひまわり8号
    - ・ データ同化(観測とシミュレーションの融合)
  - では、何で驚いているかというと
    - ・ ハードウェアの発達によって、従来は(一般には)扱えなかったサイズのデータが扱えるようになった
    - ・ 入力機器とそのネット接続の発達によってデータの取得蓄積が容易になった
- これらをガガッと解析することにより、従来は見えなかったいろいろなことが見えるようになった

# 注：人工知能

我々が情報化しなくても機械が整理し認識するようになるのか？

- 「深層学習」

- 多層構造のニューラルネットワークを用いた機械学習を、  
計算機の発展によって、力技で実現？

- 「特異点」？

- 現状ちっとも賢くはない

- 知識の構造をおしえてくれない
- 俯瞰してくれない

さて、どこまで行きますか？

# 近傍における活動:

知の情報化に向けた情報教育研究活動と、  
情報発信環境の維持・情報提供の試み

# 近傍における活動(教育編):沿革

- ・ 1988 : 地球流体電脳倶楽部
- ・ 1989 : TISN 東大国際理学ネットワークにまつわる東京大学理学部地球物理学科ネットワーク支援グループ
- ・ 1994 : 北海道大学地球環境科学研究科 大気海洋圏環境科学専攻ネットワーク友の会
- ・ 1995 : 東京大学数理科学研究科・理学部数学科  
計算数学カリキュラム化
- ・ 1998 : 北海道大学理学研究科 地球惑星科学専攻  
epnetfan, mosir (動画配信)
- ・ 2000 : INEXカリキュラム  
<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~inex/>
- ・ 2007 : 神戸大学理学研究科・理学部地球惑星科学科  
itpass
- ・ 2008 : 惑星科学研究センター (CPS) 人材育成プログラム  
mosir@cps へ
- ・ 2009: 岡山大  
2011~地球情報処理論

# 近傍における 情報発信環境の維持・情報提供の試み

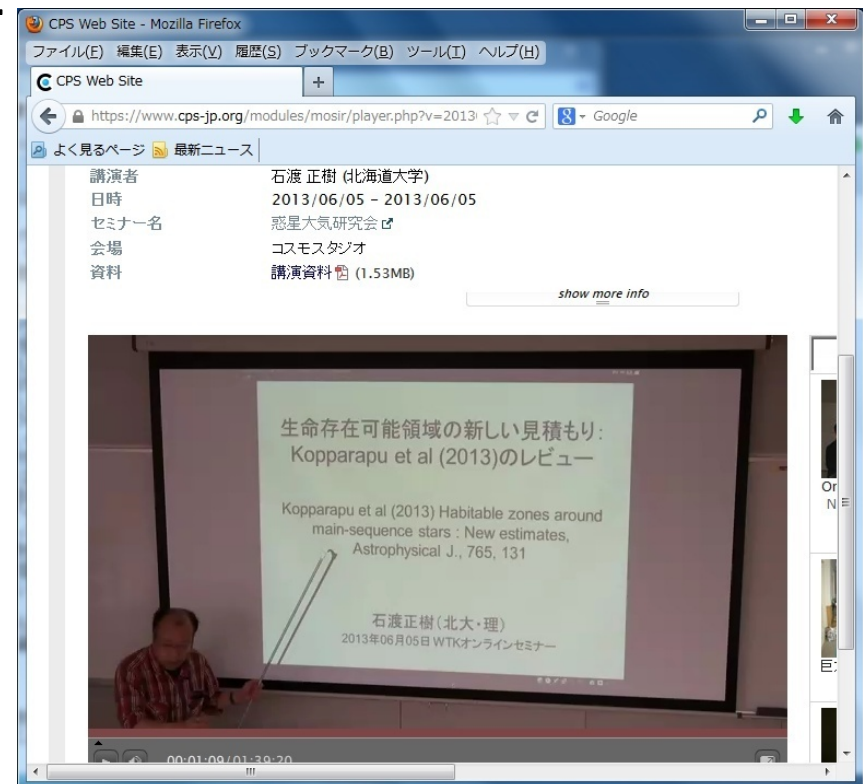
- ・ ネットワーク上での知識提供実験 / 教育実験

- mosir プロジェクト (<http://www.cps-jp.org/~mosir>)

- ・ WIDE プロジェクトのSchool of Internet にならった地球惑星科学業界の試み(北大 epnetfan の活動がルーツ)
- ・ セミナー等の映像を資料と共に保存, 知見生産の現場自体を知見として集積
- ・ ソフトウェア, 収録システム, サーバを自主開発・管理

- 対象となる主要なセミナー

- ・ CPSセミナー, GFDセミナー, FDEPS, 森羅万象学校, 惑星科学フロンティアセミナー, 他多数



# 近傍における 情報発信環境の維持・情報提供の試み

- ・ 知の情報化, 知見プラットフォームの試み

- 地球流体電脳倶楽部 (<http://www.gfd-dennou.org>):  
地球惑星(流体现象)にかかわる  
諸々の知見をネットワーク上に  
ためる, そのための道具作り

- ・ ネットワーク上の「教科書」
  - 地球流体室内実験集
- ・ 知見の集積装置としての地球  
流体計算ソフトウェア群  
(理想化モデルから気候モデルまで)
- ・ 数値データの可視化ツール開発
- ・ ...





# 近傍における 情報発信環境の維持・情報提供の試み

- 地球流体電脳倶楽部ソフトウェア開発・提供

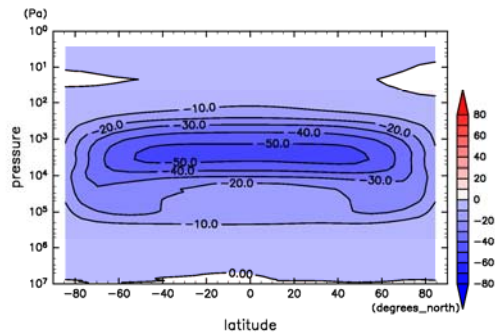
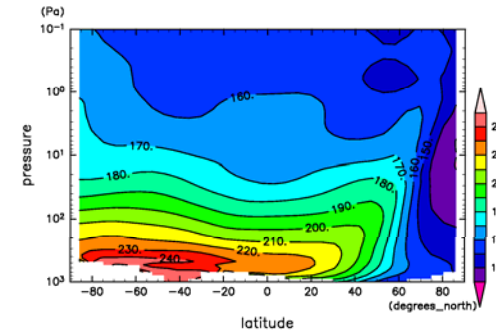
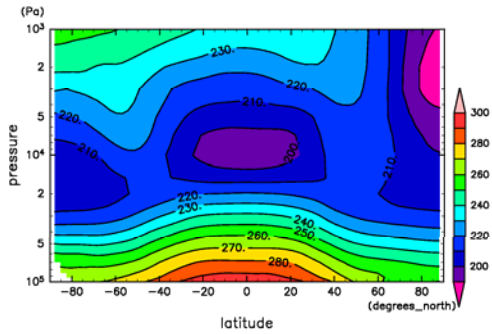
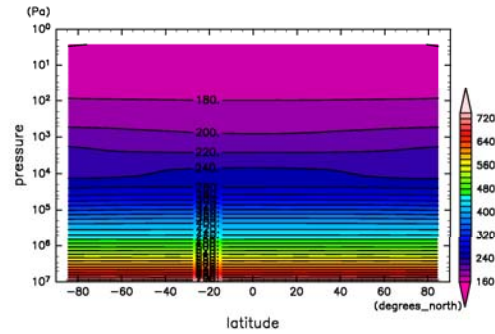
- 足回り開発

- ・ DCL(可視化ライブラリ)(乙部@福岡大)
- ・ GTOOL(モデル足回り)(佐々木@摂南大)

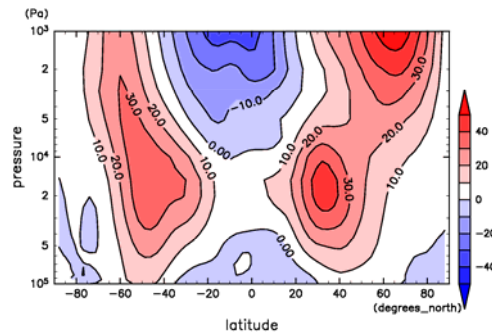
- モデル開発(階層的モデル群DCMODEL)

- ・ ISPACK:スペクトルモデルツールボックス(石岡@京大)
- ・ SPMODEL:地球流体スペクトルモデル群(竹広@京大+佐々木@摂南大)
- ・ DEEPCONV:雲解像対流モデル(杉山@松江高専+中島@九大)
- ・ DCPAM:汎惑星大気全球モデル(高橋@神戸)

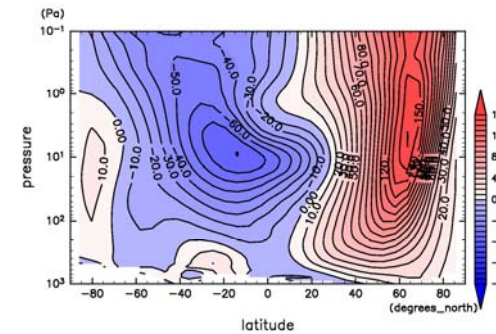
# 近傍における 情報発信環境の維持・情報提供の試み



CONTOUR INTERVAL = 1.000E+01



CONTOUR INTERVAL = 1.000E+01



CONTOUR INTERVAL = 1.000E+01

DCPAM 計算例 By Takahashi

# 近傍における活動(研究編)

- 手元の計算

- 遠隔計算

- 国立天文台

- 国立環境研

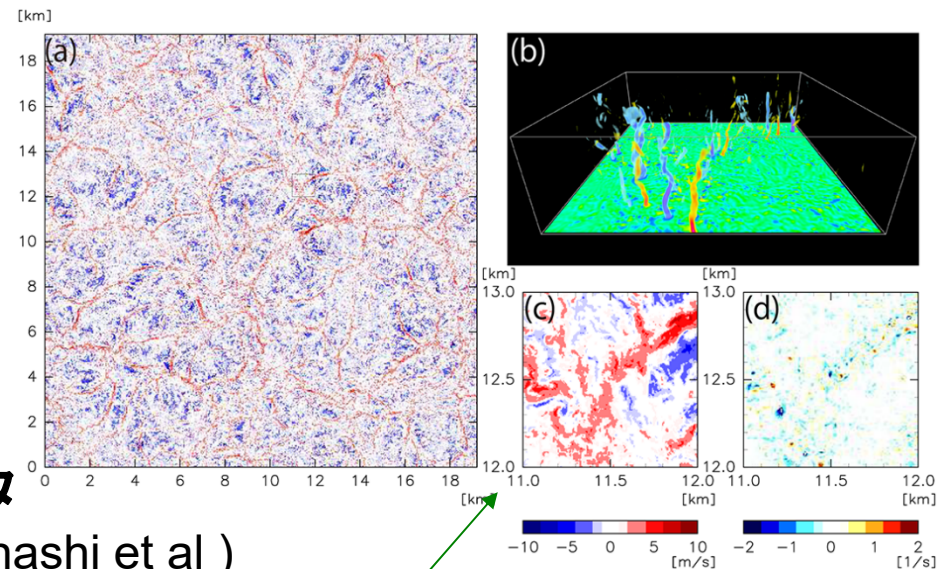
- JAMSTEC地球シミュレータ

- AFES Mars T639L96(Takahashi et al)

- AFES Venus (Sugimoto et al) 京産大高木グループ

- 理研「京」→「富岳」

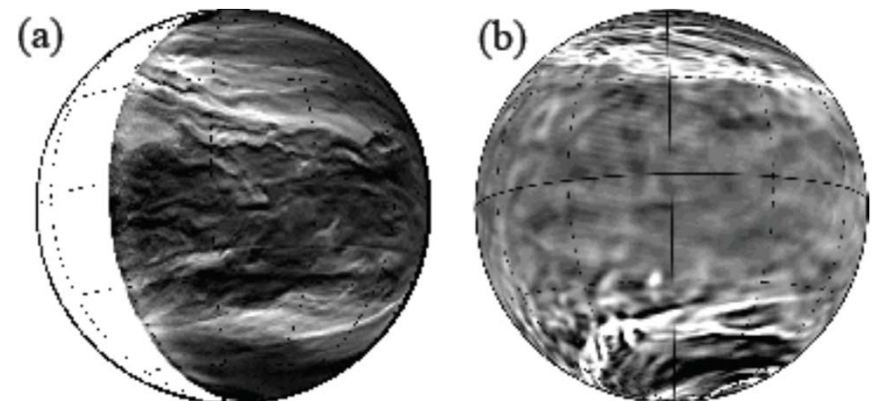
- SCALE Mars (Nishizawa et al 2016 GRL)、R-CCS富田グループ



- 遠隔観測

- 「あかつき」

- ...



Kashimura et al. 2019 Nature Comm.

# 近傍における 情報発信環境の維持・情報提供の試み

## ・ 知の情報化, 知見プラットフォームの試み

### － 惑星科学研究センター(CPS) (<http://www.cps-jp.org>)

- ・ ネットワークを用いた研究  
基盤の構築
- ・ 研究グループの持つ情報の  
集積と共有, 公開の場を提供
- ・ それらを基にした新しい知見  
情報を生み出す活動の舞台
- ・ 例)  
惑星探査データ解析実習,  
惑星探査(あかつき,  
はやぶさ, かぐや, etc)の  
企画・意見交換・データ解析



**活動のために**

**資源とその管理体制を理解する**

**情報の利用者から情報の生産者**

**に向けて**

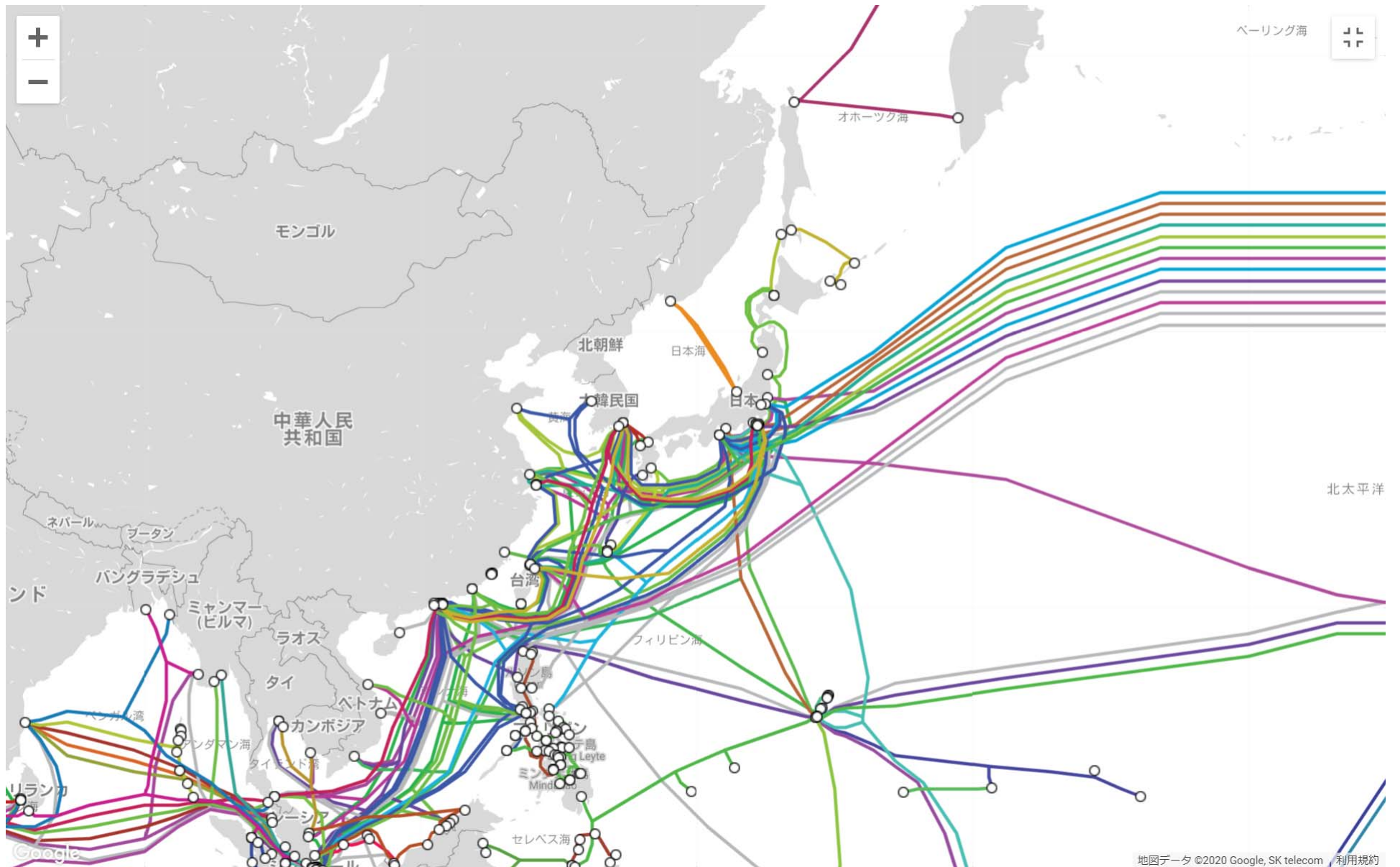
**自由な活動をするために**

# 活動のために

## 資源とその管理体制を理解する

- **何が何処の管理に属するか**
  - 重層的なハードウェア, ソフトウェア環境
  - 対応した重層的な管理組織
  - 技術管理者・政策管理者・危機管理者
- **障害発生レベルと対応した管理組織の掌握**
  - 例: メールの配送
    - ・ ネットワークの管理運用者
    - ・ 計算機資源のハードウェアと OS レベルの環境の管理運用者
    - ・ メールサーバの管理運用者
    - ・ メーリングリストの管理運用者





## Submarine Cable Map

<https://www.submarinecablemap.com/>

# 活動のために

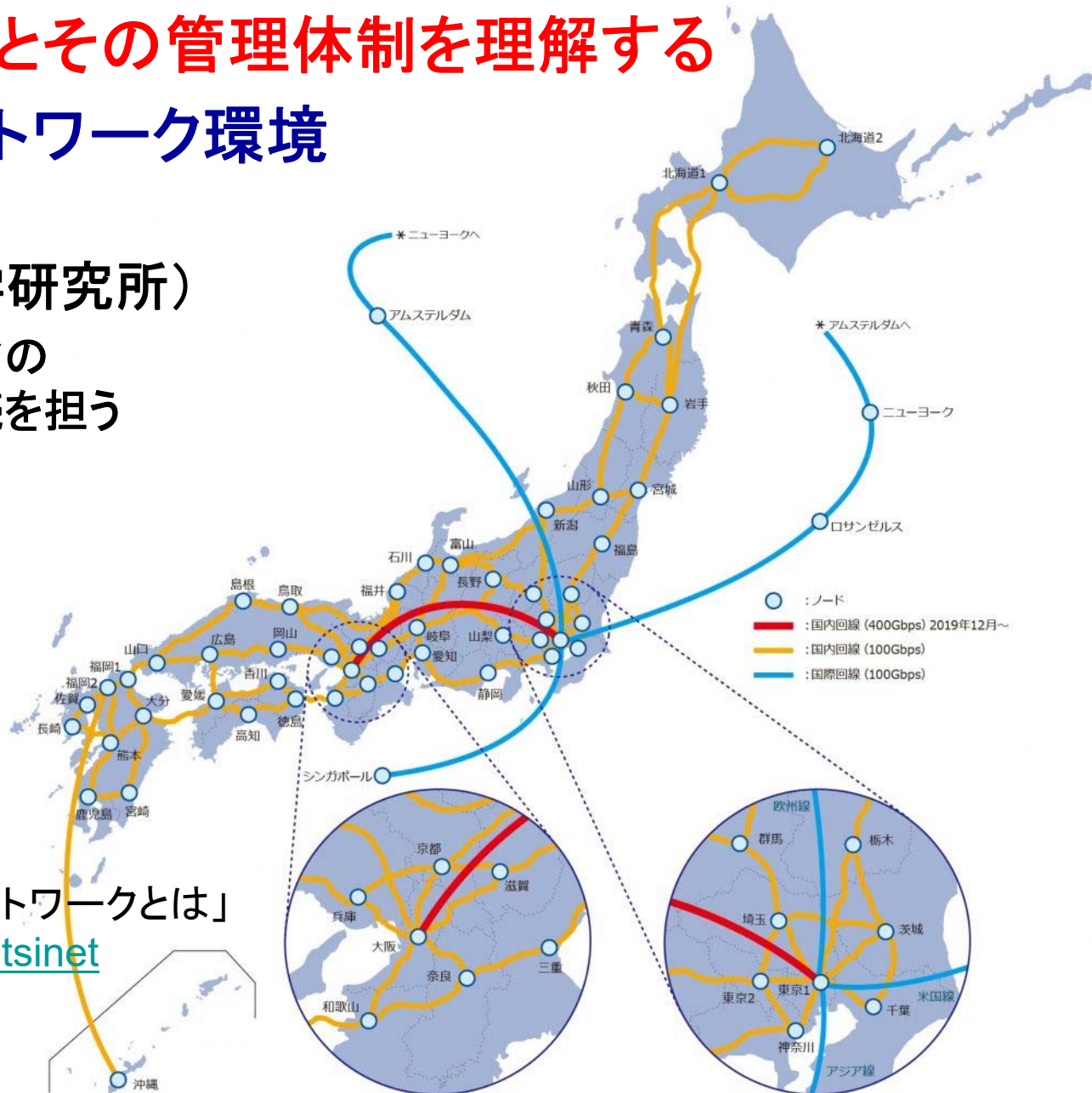
## 資源とその管理体制を理解する

- 重層的なネットワーク環境

- SINET5

- (国立情報学研究所)

- ・ 文部科学省の  
大学間接続を担う  
プロバイダ



情報学研究所「学術情報ネットワークとは」

<https://www.sinet.ad.jp/aboutsinet>



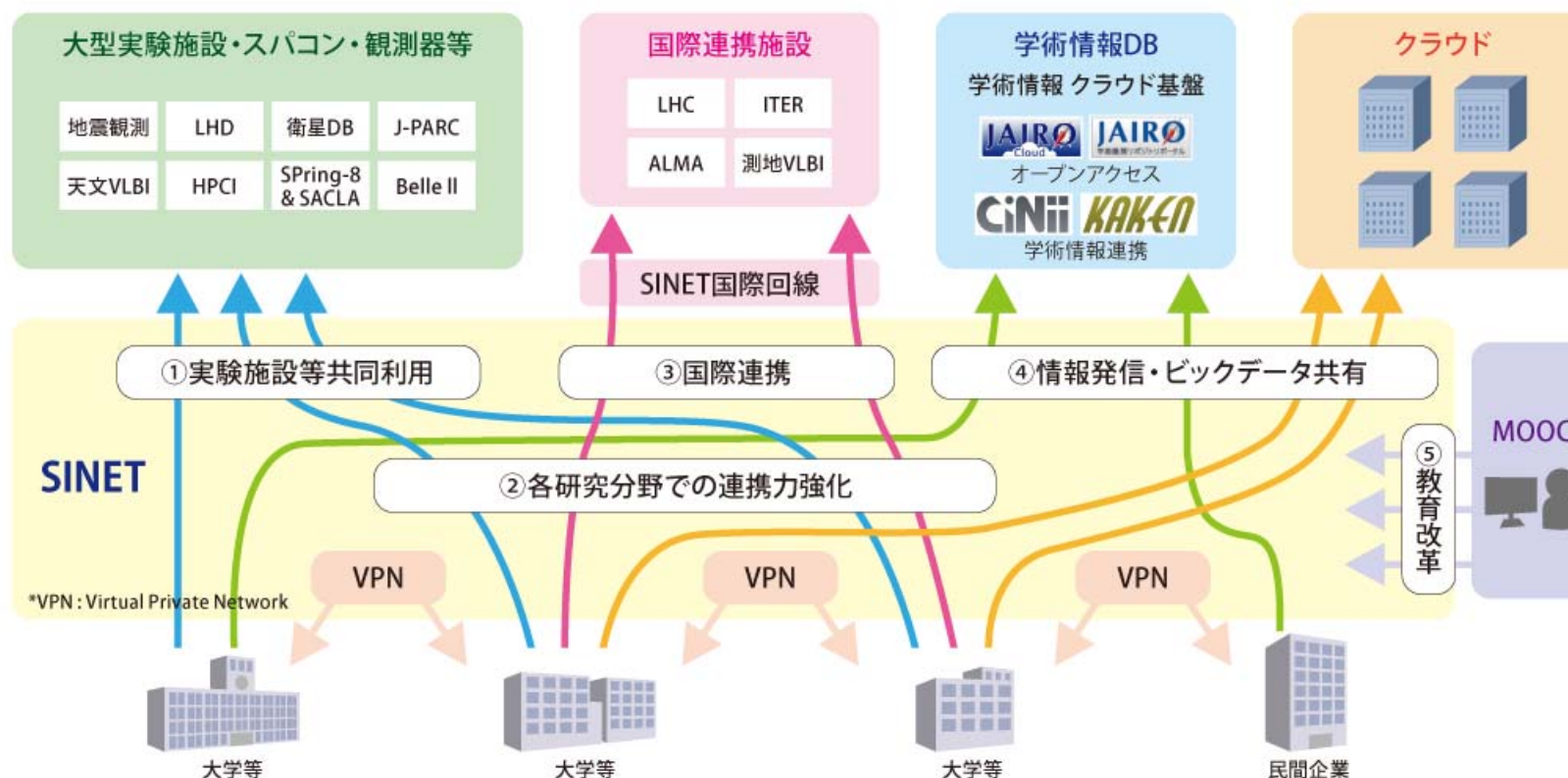
# 活動のために

## 資源とその管理体制を理解する

- 重層的なネットワーク環境

- SINET5  
(国立情報学研究所)

情報学研究所「学術情報ネットワークとは」  
<https://www.sinet.ad.jp/aboutsinet>



# 活動のために

## 資源とその管理体制を理解する

- 重層的なネットワーク環境
  - SINET5  
(国立情報学研究所)
  - 大学キャンパスネットワーク
    - ・ HINES, UTnet, Kuins,  
ODnet, KHAN
  - 各部局、研究室

# 活動のために

## 資源とその管理体制を理解する

- ネットワークの管理運用者（神戸編）
  - SINET
    - ・ 国立情報学研究所文部科学省の大学間接続を担うプロバイダ
  - 情報基盤センター
    - ・ 神戸大学キャンパスネットワーク(KHAN)のプロバイダ
  - 部局等
    - ・ 自然科学総合研究棟ネットワーク委員会
      - 部局支線 = 自然科学系先端融合研究環が配線管理
      - 運用管理は情報基盤センター
    - ・ 理学研究科ネットワーク委員会
      - 部局支線=理学領域は理学研究科が配線管理
      - 運用管理は情報基盤センター
  - 各々の専攻・研究室等
- ネットワーク上のコンテンツ管理

# おわりに

## (勝手に)期待すること

- 情報の「消費者」から「生産者」へ
- 情報の「加工・流通」の担い手へ、  
そのしくみの提案へ
- 情報の「支配者」へ

で、  
比較的自由的な活動の場  
ITPASS

<http://itpass.scitec.kobe-u.ac.jp/>

# 参考書・参考文献

- 新井紀子, 2010: コンピュータが仕事を奪う, 日本経済新聞出版社
- 歌田明弘, 2000: 本の未来はどうか 新しい記憶技術の時代へ, 中公新書 1562, 中央公論新社
- 内田樹, 2005: 先生はえらい,ちくまプリマー新書, 筑摩書房
- 内田樹, 2008: 街場の教育論, ミンマ社
- JPCERT, 2020: JPCERT/CC インシデント報告対応レポート [2020年1月1日～2020年3月31日]  
[https://www.jpCERT.or.jp/pr/2020/IR\\_Report20200414.pdf](https://www.jpCERT.or.jp/pr/2020/IR_Report20200414.pdf)
- 国立情報学研究所, 2017: SINETの概要、学術情報基盤オープンフォーラム2017  
[https://www.nii.ac.jp/csi/openforum2017/track/pdf/20170608AM\\_S\\_01\\_gaiyo.pdf](https://www.nii.ac.jp/csi/openforum2017/track/pdf/20170608AM_S_01_gaiyo.pdf)
- 松尾義之, 2015: 日本語の科学が世界を変える, 筑摩書房
- 水村美苗, 2008: 日本語が亡びるときー英語の世紀の中で, 筑摩書房
- 山岸俊男, 2000: 社会的ジレンマー「環境破壊」から「いじめ」までー, PHP新書117, PHP研究所

# 参考書, 参考文献(初回分)

- Bush, V., 1945: As we may think. Atlantic Monthly, 1945 July, 101-108.  
<http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/3881/>
- 朝日ジャーナル編1989: 世界経済三国志: 覇権の150年, 42節, 朝日新聞社
- 村井純, 1997: インターネット, 岩波新書 新赤 416, 岩波書店.
- 村井純, 2010: インターネット新時代, 岩波新書 新赤 1227, 岩波書店.
- 歌田明弘, 2000: 本の未来はどうか 新しい記憶技術の時代へ, 中公新書 1562, 中央公論新社
- D. Libes & S. Ressler 著, 坂本文 訳, 1990: Life with UNIX, アスキー.
- 坂村健, 2002: 痛快! コンピュータ学, 集英社文庫.
- ITホワイトボックス <http://www.nhk.or.jp/itwb/>
- 総務省, 2012: 平成24年通信利用動向調査  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>
- 総務省, 2012: 平成24年版情報通信白書  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/pdf/index.html>
- 情報処理学会編 2010: 日本のコンピュータ史, オーム社

# 参考書, 参考文献(初回分)

- Tom Van Vleck ed. 1994: The Multicians web site  
<http://www.multicians.org/>
- 情報処理学会 2003: IPSJ コンピュータ博物館  
<http://museum.ipsj.or.jp/index.html>
- 佐塚秀人, 2012: 計算機アーキテクチャ2012,  
<https://sites.google.com/a/sazuka.net/arch2012/home>
- 福井健策, 2014: 誰が「知」を独占するのか -デジタルアーカイブ戦争-, 集英社  
新書0756A, 集英社
- 西垣透, 2015: 集合知とは何か, 中公新書2203, 中央公論社
- 野口悠紀雄, 2016: 知の進化論, 百科全書・グーグル・人工知能, 朝日新書590,  
朝日新聞出版
- 西垣透, 2016: ビッグデータと人工知能, 中公新書2384, 中央公論社
- 来夢来人: フリーイラスト素材の来夢来人  
<http://www.civillink.net/esoza/>
- GATAG: フリーイラスト素材集, <http://free-illustrations.gatag.net/>
- ビジネスアイコン無料素材, <https://business-icon.com/>