

太陽系探査推進とシミュレーション

惑星気象・気候を例に
おそらくいろいろな分野で似たように展開する？

研究教育情報基盤(インフラストラクチャー)

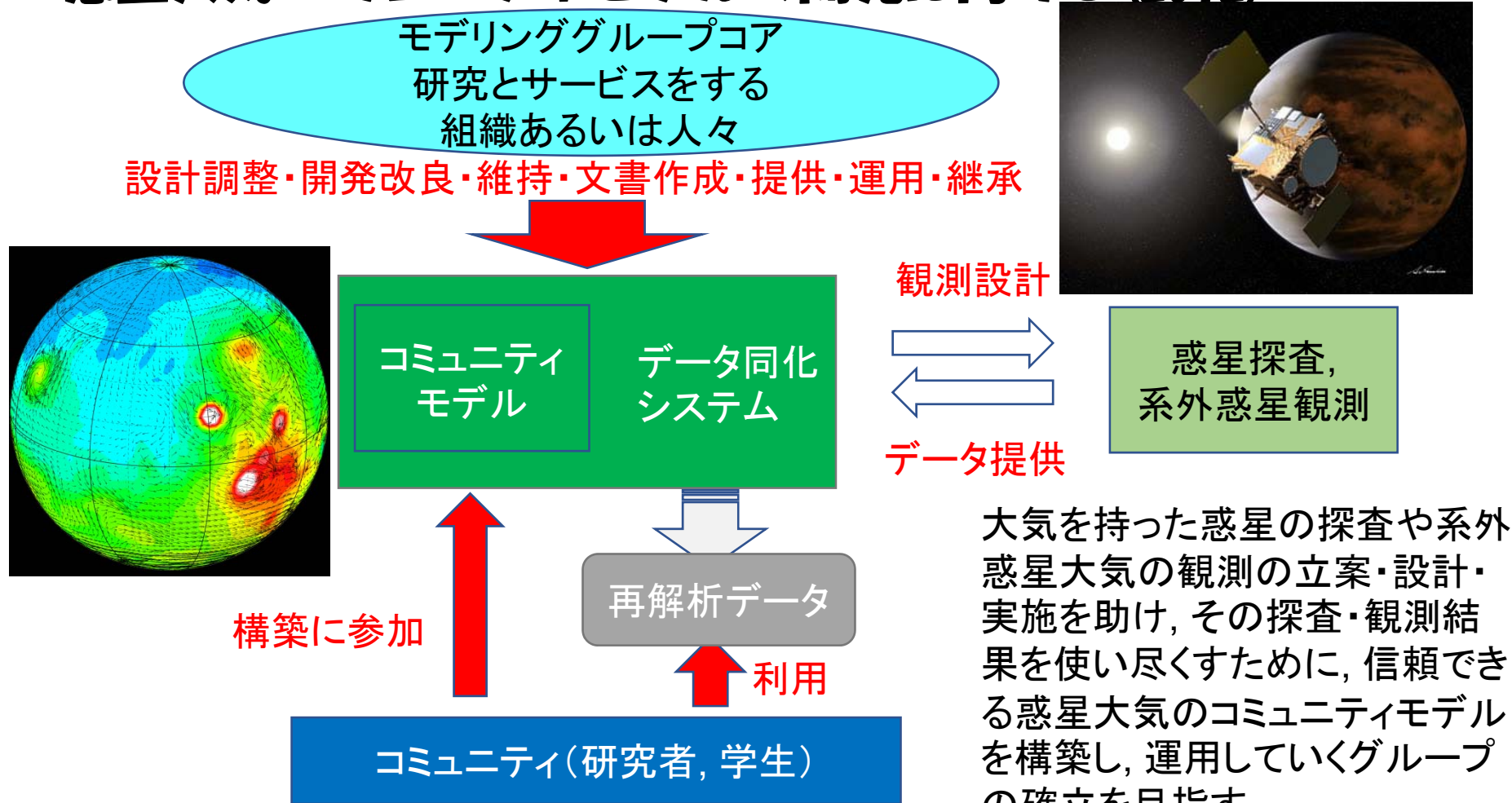
惑星探査 and/or 系外惑星観測を支えるための
惑星(科学)探査コンソーシアム

2022年02月10日

Symposium on Planetary Science

共通 & Community セッション

将来の惑星探査・観測を念頭に置いた 惑星大気コミュニティモデルの開発に向けて(2012)



「あかつき」計画時には現実的でなかったが
地球気象学の展開や、モデルの発展や、“火星探査計画(MELOS)”もありで
大型計画はじまったころの提案イメージ図
(高橋芳幸 2012-10-01 地球流体電脳倶楽部/CPS にちょっと手を加えた)

シミュレーションモデルの役割

地球気象学・気候学

- シミュレーションモデルは、
対象の科学的理解の集大成であり、理解とその深化を希求する科学的探求サイクルの中心、したがって、観測計画の根拠
 - J. von Neumannプロジェクト以降、J. Smagorinsky、S. Manabe、E.N.Lorenz、...、が打ち立ててきた
数値シミュレーションモデル開発(天気予報)駆動と70年超の歴史
- 地球大気(あるいは地球表層環境)観測においては、
シミュレーションモデルの改良がその目的、逆に、シミュレーションモデルはデータ同化という手順の導入により観測装置(観測データ提供)の一部(必須要素)。
 - シミュレーションモデル(の不十分さ)が観測の必要性を提起し、観測結果は、シミュレーションモデルによるデータ同化を経て科学的探求の用に提供され、また、シミュレーションモデル自体の検証(同化データとシミュレーション結果との比較検討)にも供される。

シミュレーションモデルの役割

惑星気象学・気候学

惑星たちにおいても必須になりつつある(なった?)

- 地球で培われた科学的・技術的な流れが惑星の探求活動に活用されることは自然・当然
- **地球観測で当たり前になっている水準**で惑星科学探査を進めるのでなければ、そもそもその計画が関連コミュニティである地球科学分野から支持されない(ちゃんと準備しろよ)
 - だからといって70年分の膨大な蓄積に対応することをやれと言われても...
- **大気以外の探査計画でも環境モニタは重要**
- 地球観測で蓄積され必要とされるようになったセットと同型なセットを用意する必要

シミュレーションモデルの役割

惑星気象学・気候学

惑星たちにおいても必須になりつつある(なった?)

- 火星探査: NASA や ESA の計画においては、地球観測と同様の舞台(シミュレーションモデルとデータ同化システム)を用意
 - 欧州: LMD(仏)-Oxford(英)-OpenUniv(英) ESA等の予算
 - 同化データセット Mars Assimilation Correlation Data Assimilation (MACDA)
 - 標準 GCM 計算データベース The Mars Climate Database
<http://www-mars.lmd.jussieu.fr/>
 - 米国: Ashima Research NASA 等の予算
 - <http://ashimaresearch.com/> など
 - 黒田他が起動中(固い予算ない)
- タイタン探査、木星探査、冥王星探査においてもシミュレーションは必須のセットアップとなった(LMD他)
- 金星大気モデルは高木らや山本らやデータ同化は杉本他関係者で努力中

シミュレーションモデル

惑星気象学・気候学における基盤化？

- 研究の一環としてのシミュレーションで足りているうちは問題とは認識されないだろう
 - 当該対象に対して愛をもって研究している、能力の高い研究者でないといよいモデルは作れない
 - そのような研究グループに聞く、頼むのが信頼できて一番安心
 - 往々にして開発研究者も、しのぎを削る研究課題に直結する部分やアイデアは共有したくない
- 知見情報蓄積(ソフトウェアとその背景となる科学知識)の規模があまり大きくないと平和、必要になった人が個々に再構築できるし、その方が確実に効率も良い

シミュレーションモデル 惑星気象学・気候学における基盤化

ToDo

- 地球での経験の惑星空間向けへの再構築と実装と検証
 - 地球の経験の取り込みは必須だが、その横流しじゃだめだ
 - 地球対象と同じ人員は確保できない
 - 必ずしも研究になるとは限らない
 - 誰かがどこかで研究完了したソフトウェアでも、一貫性あるコードとして書き直して組み込まないといはいけない、**時代が下がると根拠喪失**
 - 大規模・複雑化に対応
 - システムソフトウェア＝数多のサブシステム、数多の階層
 - I/Oやエラー処理や並列化などの足回り
 - できうるかぎりのツールボックス化・分割モジュール化階層化
 - ドキュメンテーション・技術の進展に即した書き直し
 - 欧米ではe-science時代(1995-)にソフトウェア群の再設計が進んだとか
- 大学教員や大学院生の片手間じゃ無理**

シミュレーションモデル 惑星気象学・気候学における基盤化？

情報資源規模が大きくなってくると

- 必要になったらやりなおすのはつらい
 - 実開発者の退職で、科学知見、諸パラメタ等の根拠消失する
 - 人口が少ないと継承問題
 - 膨大な資源のトレスできる？
 - 動態保存
- 研究本筋からはずれる仕事が増えてつらい
 - 研究テーマからはずれた予測仕事
 - ドキュメンテーション
 - コードメンテナンス
 - バグフィックスと影響検証再計算
 - ユーティリティー群の開発とメンテナンス
 - 諸環境での導入
 - 提供・利用支援

シミュレーションモデルの基盤化と 必要な人材

基盤化を担う専従人材

- 基盤を構築・維持・継承する人
 - ＝研究を行いつつ(必要を理解し技術を高め)そのサービスを担う
 - － コード奉行((C)寺田):コーディング書法の設計と統一管理
 - － ドキュメント(特に日本語)の作成と維持、バージョン管理、更新
 - － バグフィックスと再計算、開発履歴の保管
 - － 地球の経験の定常的輸入、換骨奪胎
 - パラメタ空間の拡張・新規開発
 - 物理モデル化(支配方程式系の構築)
 - － モデルやツールの利用サービス、公開環境
 - － 開発連携のコーディネート
 - 計算アルゴリズムの設計
 - コード化(ソフトウェア)設計と実装
 - － ミッション立案への貢献
 - － ミッションデータのシミュレーションモデルと連携したデータ解析提供サービス

シミュレーションモデルの基盤化と 必要な人材

基盤化を担う専従人材

- 優秀な人に裏方(基盤)に回ってもらう必要がある
 - 優れた設計でないと使えない、むしろ、邪魔
 - 一歩引いて、人々の活動を促す補佐役
 - 人々の研究最先端(研究者の野心)を邪魔しない(ゆずる)
 - 職人とデザイナー問題、両方のタイプが必要
- 特に、未知な世界の探求である惑星科学では、
一個のモデルなりソフトウェアなりに集約してはいけない
多様な思想の多様なソフトウェア群と人々の存在を許容することが絶対に必要(→CBLEAM)
 - 自由な発想とその多様性を担保
 - そのための基板設計ツールボックス化とバンドル?
 - ネットワーク上の協業ができれば分散配置でよい(の方が良い?)

前夜・周辺

- 1987(インターネット前夜)地球流体電脳倶楽部
 - スパコンの登場、シミュレーション時代の幕開け、情報科学(知見集積活用の電子化)
 - 1987.12 気象庁全球数値予報開始
 - 情報基盤という考え方これらに対応する同人組織
 - GCM等のシミュレーションモデルの大学等での共同開発と共有データ処理や可視化ソフトウェアの共同開発と共有提供
 - DCL, AGCM5, DCPAMなど
 - 必要となる知見の集積(後にネット上への集積)
- 2002.3 地球シミュレータ運用開始
 - 2003 AFES(Atmospheric GCM for Earth Simulator)-Plnets (大淵・榎本他)
- 2012.9:「京」運用開始
 - SCALE-GM(富田他の非静力20面体格子全球モデル)の惑星大気化(檜村他)
- 2010:CBLEAM(富田@理研他)ちょっと休眠中だが
 - 大気モデルの相互利用共通化プロジェクト(気象庁、JAMSTEC、諸大学)
- 2020.06:「富岳」運用開始
 - ひきつづきSCALE-GMの惑星大気化(檜村他)

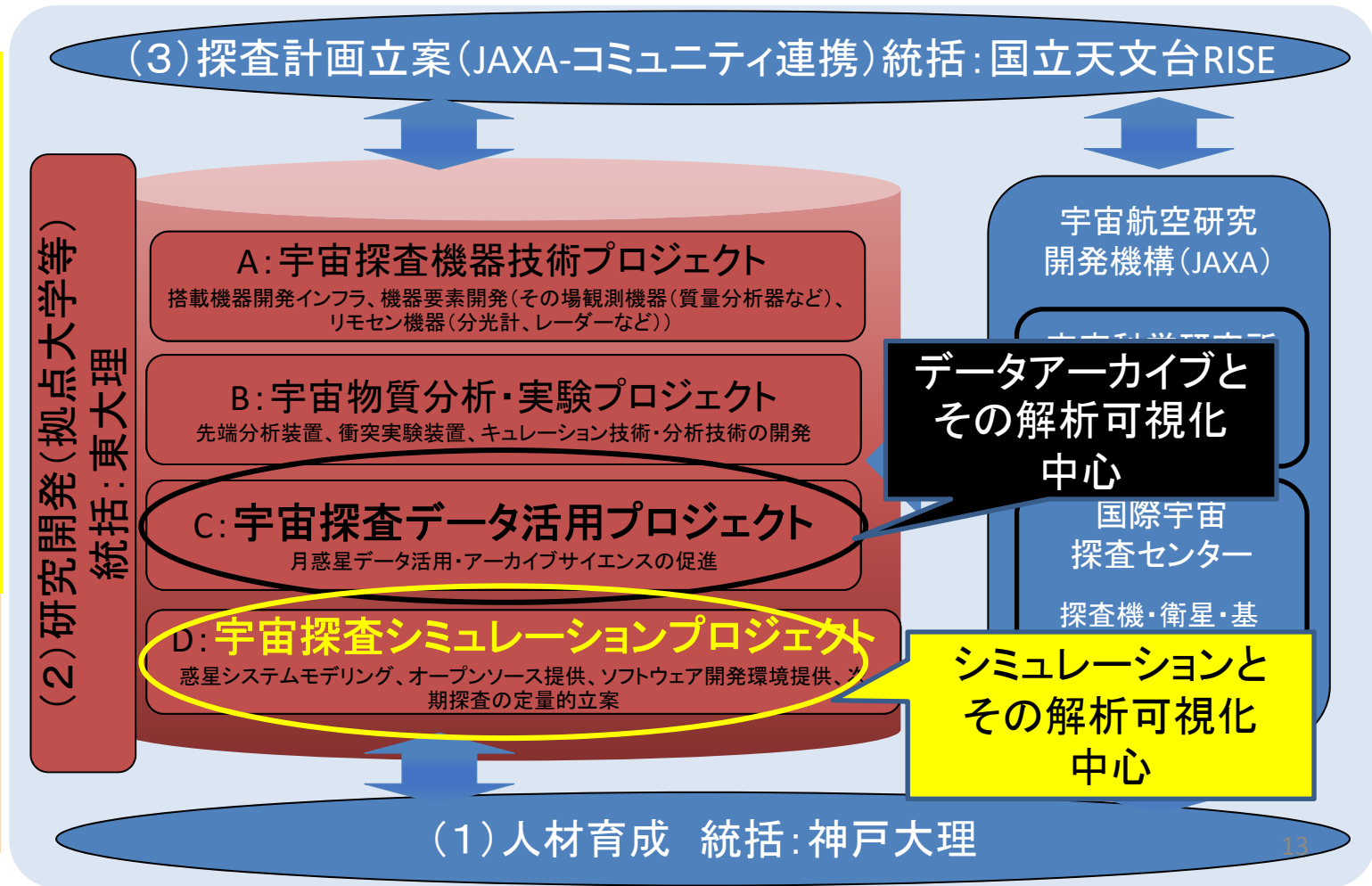
「惑星(科学)探査コンソーシアム」歴史

- 2008-2012:
 - G-COE(神戸大学・北海道大学) = CPS : 連携協業の触媒・場
- 2013:
 - 惑星科学研究教育コンソーシアムの設立準備
 - 惑星科学の展開をささえる研究教育基盤の確立
 - 共同利用研究所相当のネットワーク型コンソーシアムの提案
 - マスタープラン 2014(第22期) 田近英一(惑星科学会)
太陽系生命前駆環境の実証的解明のための統合研究プログラム
- 2016:
 - JAXA/ISAS-神戸大学(CPS)連携事業「探査ミッション立案スクール」
 - マスタープラン 2017(第23期) 倉本圭(惑星科学会)
太陽系生命前駆環境の実証的解明のための統合研究プログラム
- 2019:
 - マスタープラン 2020(第24期) 中本泰史・渡部重十(惑星科学会+SGEPSS)
惑星探査コンソーシアムプロジェクト: 太陽系における生命生存環境の探求
- 2021:
 - マスタープラン 2023->??? 幹事 竝木則行(国立天文台)

惑星探査コンソーシアム2020版 コンソーシアム組織構造

宇宙科学コミュニティが責任をもって太陽系の科学探査を企画推進していくために、複数の大学等が参加し有機的に連携する多拠点ネットワーク型の「惑星探査コンソーシアム」をJAXAを取り巻く形で構築し、生命生存環境の探究を目指す。

惑星探査コンソーシアムを構成する三つの機能・組織
 (1) 人材育成
 (2) 研究開発
 (3) 探査計画立案



惑星探査コンソーシアムプロジェクト(全体統括神戸大CPS)

おわりに(1/2)

惑星探査だとかの大型プロジェクトに際しては垂直統合的な部分がどうしても必要で、フルセット用意しないと支えられない。

- 全体を掌握している
- 問題意識を明確にし、共有する
- 研究的に陳腐になっても忘れない、記録がある、稼働する
- ヒーローから大衆へ

シミュレーションモデルとはそのための重要かつ中核的なツールであり、データ処理にも必要になってきた

- 学問のフェーズやモデルの複雑さや規模によって分野による、情報基盤や人材の必要性は多様だろう
- 気象学・気候学はおそらくもっとも「進んで」いる
- いずれ、いろいろな分野で似たような状況になるだろう

おわりに(2/2)

(1)理想案と(2)現実案の二つのプランを用意すべき

1. あらまほしき姿(世界標準から本来用意されているべき形)
2. 我が国の現実を鑑みた予算要求的形

とは区別する

理想過ぎても意味がないが現実に流されるとしんどい構造になってしまつて長続きしない、さらには、見失う

現実と言うまでもなくきびしい

- 00年代から声を出す立場になったので、「あかつき」でもなかなか
- 昔MELOSとか企画に参加したけど完全に手弁当でしんどかったね

が、我々の探査計画の継続のためにはそれにふさわしいナニカが
それでもなんとかならんかな？

幅広い分野でのシミュレーション基盤の今後の必要を想定して牧野
(consortium-comps@cps-jp.org ?)準備中

シミュレーションモデル 惑星気象学・気候学における基盤化

モデル・データ同化・解析可視化ツールの基盤化

- 国産の(日本語空間の)惑星気象学・気候学の知見集積・継承のコアとしてのシミュレーションモデル(群)あるいは共同開発フレームワークへ
 - 防災や地球環境予測のためではない、惑星科学の中核
 - 観測シミュレーション
 - 放射スペクトルの予測
 - 大気大循環の予測
 - 局地気象の予測
 - 着陸地点の環境評価
 - ...
 - 誰もが自由にその一部あるいは全部を活用し、参照できるそれに必要なソースコードの可読性とドキュメンテーション
 - 様々な惑星環境の考察に用いることのできる可変性と階層性

シミュレーションモデルの基盤化

- データ同化システム:
 - シミュレーションモデルによる観測データの整形ソフトウェア
- 解析可視化システム
 - スケーラブルな、あるいは、大規模な数値データの解析可視化処理用の足回りユーティリティソフトウェア
- I/Oシステムやエラー処理、APIなど
 - 関連する種々のシミュレーションモデルが使う共通構造
 - データI/Oツール
 - 関連する種々のデータを可視化できる表現ツール
- 潤沢な計算環境

シミュレーションモデルの基盤化

- ソフトウェア構造
 - 頻繁なる改造, 膨大な知見集積に耐える可変性可読性への考慮.
 - 物理的な理解の構造に即したソフトウェア構造の検討実装
 - ソフトウェア科学的に優れた構造がかならずしも可変性可読性を担保しないことに注意
 - 計算機ハードウェアの特性に応じたソフトウェアの最適化と, その物理素過程コードからの隠蔽(階層化あるいはモジュール化)

シミュレーションモデルの基盤化

- 著作権管理
 - 基盤材としてのソフトウェアは特定の組織ではない, 仮想的なグループ(コンソーシアム)の所有するなどの? オープンソースフリーウェアであることが望ましい
 - BSDやMITなライセンス? CC-BY? ライセンス
 - 組織横断的に, できるだけ幅広い人々の開発への参加を担保 (立場の異なる開発者個々人に対しての公平な権利保証)
 - 組織や分野を横断しての科学的検討や利用の自由度を最大限に担保 (どのような立場の者でも利用でき, あるいは別の設計思想で改変実験できるなどを担保することが必要)
 - 誰もが自由に持ち出し, 誰もが自由に改変し, 誰もが自由に再配布できることを保証

情報基盤1

ハコモノ(普通に言う情報基盤のイメージ?)

- 紙と鉛筆
- パソコン
- 計算機(~HPCまで)
- ネットワーク
- データサーバ
- 付随するソフトウェア(OSやユーティリティー)

情報基盤2

知見 (情報の蓄積・理解の体系＝基盤的知見)

我々がナニカ(惑星とか)のことを**考えるときに利用する**情報
理解＝言語化された知識、すなわち、「**言葉**」

- 理解の総体(我々が知っていることとその体系)
 - 辞書・教科書・論文・総説・ネット上に置かれた知識断片
- データ
 - 数値、画像、動画、WEBページに乗っかっている様々
- ソフトウェア
 - モデル、解析可視化ツール、データ同化ツール
- ことば
 - **母語(日本語)** (母語で考えられるって凄いことなのよ)

情報基盤3

情報基盤というからには

思考を行うための道具あるいは部品なので

- **誰もが、自由に、無料で**(あるいは、できるだけ安価に)利用できるように維持管理提供されてないといけない
 - 道路とか電気水道ガスとか空気とか
 - 言葉とか数式とか

情報基盤4

使い方: 箱ものの運用や知見の蓄積と利用の(第三者が使えるようにする)ためのノウハウ

- ノートをどう取るか(紙と鉛筆...他人も使えるように)
- 辞書をどう作るか
- 教科書(理解の体系)をどう表現するか
- 計算機やネットワークやデータサーバをどう構成し、構築し、維持管理運用するか
- ソフトウェアをどう構成し、構築し、改造し、...
- データやソフトウェアをどう整理して参照・継承可能にするか
- ...

情報基盤5

しくみ

- 昔は**出版社・本屋さん・図書館**が情報基盤の要素であり、これを支えるノウハウを蓄積維持
 - 図書館学
- 学会の大きな仕事の一つが出版(**論文誌**)
 - 知見の蓄積、理解の蓄積・改良
- データやソフトウェアはどう構築・整理・蓄積？
 - 情報科学
 - 我々の**データは巨大だ、ソフトウェアは複雑だ**
 - 巨大なストレージの確保と運用
 - 計算機の確保と運用
- 知見はどう構築・整理・蓄積・継承？
 - サーバソフトウェアの構築と運用、維持管理継承
 - ネット上の知見は消滅しやすい
 - **研究グループやプロジェクトのWEBページは揮発的**

情報基盤を支える専門家の必要

- ハコモノの構築とその維持管理
 - ハコモノの整備
 - 利用ノウハウの収集と提供
 - 技術の進展に応じた更新、改定
- 知見集積とその維持管理提供
 - 知見の集積
 - ソフトウェアの開発
 - 利用ノウハウの整理提供
 - そのたえの環境の構築
 - 技術の進展に応じた書き換え、環境の更新
- しくみの考察
 - 上記全体のしくみの考察とデザイン
 - オープンサイエンス・オープンデータ
 - 著作権、DOI対応

→ 研究しながら(必要を掌握し技術のレベルを維持し)、それをもって技術サービスに従事する人々とそのようなタイプの人材の育成