

4. 地球惑星科学分野

4-1. ビジョン

地球惑星科学は太陽系全般における固体、流体、気体、プラズマ、さらには其処に芽生える生命の多様な形態を研究の対象とする幅広い学問分野である。特に地球という惑星は我々にとって身近な存在であり、この惑星の研究を通して太陽系の他の惑星、さらには系外の惑星系までを理解しようとする、野心的な学問分野でもある。

現在の地球は固体層、流体層、気体層、プラズマ層の4つが互いに影響し合いながら存在している。その形態の上に人類が発生し、特異な人間圏を形成している。人類の存在は地球環境へも影響を及ぼしている。この現在の地球の姿は、永久の昔からこうであったのではない。地球には起源があり、今とは異なる姿をとりつつ現在に至ったのである。この地球の歴史を調べ、さらには地球の未来の姿にも迫るために地球史という学問分野が存在している。この互いに関連する学問のキーワードが概要の中心サークルを取り巻く5つのサークルに示されている。いわく

- 惑星「地球」
- 地球史
- 地球内部構造・変動機構
- 人間圏
- 地球環境

である。これらの分野をあまねく理解してこそ、この概要の中心に書かれている

- 地球システム全容の理解と予測
- 宇宙に開いた地球像の創出
- 生命を育む地球惑星環境の理解

に至るのである。

地球惑星科学の総合的な学会組織である日本地球惑星科学連合は以下の5つのセクションから成り立っており、それぞれのセクションの将来ビジョンとその説明を本ビジョンに添附するものである

- (1) 宇宙惑星科学セクション
- (2) 大気海洋・環境科学セクション
- (3) 地球人間圏科学セクション
- (4) 固体地球科学セクション
- (5) 地球生命科学セクション

4-2. 宇宙惑星科学分野の30年間

宇宙惑星科学は他の学問分野と同様に、あるいはそれ以上に探査技術、観測技術、

分析技術の進歩と歩調を合わせ進んでいく。特に日本における惑星探査はごく少数の成功（始源天体イトカワからの試料回収）を例外として、いまだ達成されて居らず、これが行われると新しいものにアプローチ出来るという点で飛躍的な進歩を遂げる

進歩のステップは3つに別れる

- (1) 宇宙における惑星系形成の仕組みを明らかにする
- (2) 第二の地球・生命居住可能惑星を宇宙に見いだす
- (3) 生命を育む様々な惑星環境を理解する

(1) を達成するためにはまず太陽系の様々な惑星を訪ね、その環境を理解しそれぞれを比較する（その中には、各惑星と太陽との相互作用の様々なあり方も含まれる）必要がある。惑星の探査は技術的理由から、地球に近い（太陽に近い）惑星から始まり、次第に太陽から離れた惑星に展開していく。これはより始源的な環境を調べるという方向性とも一致する。また系外惑星の観測を開始し、これを計算機によるシミュレーションと比較していく必要がある。

(2) を達成するためには太陽と惑星の相互作用をより深く理解すると共に、太陽そのものをさらによく知らなければならない。そして、目を外に向ければ第二の地球と呼ばれるものが発見されていくだろう。天文観測と太陽系探査の融合がなされるステップである。また宇宙からやってくる物質を分析する方法が確立される時期でもある。

(3) は宇宙惑星科学と生命科学の融合のステップである。惑星を持つ恒星系は普遍的なものであると考えられ、様々な太陽系のなかで我々の太陽系がどのような位置を占めるかが明らかにされる。

注意しなければならない点は、これらの進歩が全てその場における探査によるのではなく、地上の観測（多種の地上観測の総合化）、地上での分析技術の進歩、また宇宙天気・機構研究の基盤としての長期連続モニタリングなどと連携して行われることである。統合された観測のデータベースの構築も必須である。

4-3. 大気海洋陸水・環境科学—基礎過程の理解および予測と監視—

本分野の発展は、単に技術の向上だけによるものではない。観測やモデルの「高精

度・高解像化、多次元化・多様化、結合領域拡大、観測空白域縮小」ととらえるのが妥当である。したがって、「テクノロジーレベル」ではなく、「サイエンスレベル」とした。また、観測とモデルのそれぞれにおける発展が重要であり、大気海洋陸水・環境を理解し予測するためには、両者は協調して進むべきものである。したがって、常に意識すべき大きな方向性は、「新しい観測網の展開、計算機技術・数値モデルの発展」と考える。また、本分野は、人間生活に深くかかわる分野であるため、社会への貢献あるいは社会への責任という視点での記述も加えた。また、本分野は、国際的にトップレベルの学術成果を発信していく一方、アジアにおける観測網の充実など国際社会の中での役割分担も意識して発展させる必要がある。

以下、現在の科学レベル、近未来、遠未来において実現が期待される科学をキーワードにより記述する。

(1) 現在

階層モデル・結合モデルが開発・利用、観測網の拡充・空白域へ観測拠点整備、長期気候データの蓄積が重点的に行われている。

結合モデルとしては、全大気モデル/海洋階層構造モデル/生態系・水循環結合モデルがすでに実現されており、また、メソ気象解像度実用・雲解像度開発/エアロゾル・化学・乱流/雲/重力波パラメタリゼーションにおける大きな発展があった。

観測と監視の視点では、太陽活動の気候影響研究/大型大気レーダ観測網/定常気象・水文・生態系観測網/再解析長期気候データ/小規模集中観測（雲ライダー・各種ゾンデ・航空機・地上ステーション等）/漂流ブイ観測（物理気候）/アジア生物多様性観測/地球観測衛星（雲・水蒸気・風・大気組成）・GPS衛星（可降水量・気温）/ドームふじ氷床コア解析・次世代コア技術が国際的なコンセンサスの中で実現しつつある。

計算機技術の発展が本分野には深く関わっており、特にモデル研究には重要である。地球シミュレータ、次世代スーパーコンピュータの利用が現在では重要で、これにより温暖化予測は実現したし、シビアウェザー（竜巻・台風・短時間豪雨）の予測も実現しつつある。これらは社会貢献にも結び付いている。としては、および温暖化予測が実現しつつある。

(2) 近未来

観測・モデルの多元化・総合化が進み、社会ニーズにも迅速に対応できる機動的観測システム整備が進むと考えられる。多元的総合的な地上観測網が充実し、多機能

な衛星観測も発展してゆく。社会貢献としては、水・GHG・汚染物質の把握と予測・エネルギー管理・防災・交通管理・土地利用／農業への応用が実現するものと考えられる。

(3) 遠未来

着実に地上および宇宙からの観測網が充実し、宇宙・大気全層・海洋の精密監視が定行的に行われるようになる。また、観測データのモデルへの同化技術も高度化し、宇宙・大気全層・海洋の高精度予測が実現する。アジア域において主導的観測研究がなされ、環境監視とジオエンジニアリングを組み合わせた気候変動と環境変化に関する高度な対策技術も目指す必要がある。

4-4. 地球人間圏科学—持続可能な日本、アジア、世界の実現への道

21 世紀前半のわが国における地球人間圏科学の最大の課題を、「持続可能な日本、アジア、世界の実現への貢献」と規定し、その達成度を地域・社会のサステナビリティ及び知識・情報の質・量・モビリティ等で決まる広い意味でのサイエンスレベルの向上により実現するという道筋を描いた。全期を以下の通り 3 期に分け、全期を通じてサイエンスレベルを押し上げる力として教育・研究により駆動される人・情報・知識の循環を掲げた。

Phase I (2012 年頃～2022 年頃) : ICSU (国際科学会議) の提唱する長期的研究指針 Grand Challenges in Global Sustainability Research (GC) の想定期間と重なる。この間に GC の指針に沿って地球人間圏が抱える諸問題の実態把握と改善の道筋を明らかにし、地球人間圏科学・教育の充実と世界的展開の流れを確実にする。具体的には以下の活動を進める。

- ・陸域持続可能性研究：土地利用・被覆変化、土地・資源・エネルギー、都市、農村、林野、土壌、水文、環境保全、生態系保全、環境劣化、廃棄物、統合モデル、地球情報

- ・沿岸・縁辺海域・海洋持続可能性研究：陸域—縁辺海域システム、沿岸・縁辺海域利用、環境保全、生態系保全、海洋資源、汚染の発生と浄化

- ・リスクマネジメント研究：気候変化影響、地震、洪水、津波、地形災害、火山災害、自然災害軽減、複合的リスク管理

- ・地球人間圏科学研究・教育・情報ネットワーク：学校市民参加モニタリングネットワーク、ESD、地球人間圏科学教育、グッドプラクティスの発掘と推進

Phase II (2023年頃～2033年頃) : Phase I の成果を活かし、全人類的パートナーシップを確立し、持続可能な日本、アジア、世界への道を見出すことを目標とする。

具体的には、

- ・地球人間圏科学研究・教育・情報ネットワークの一層の充実と世界的展開
- ・陸域・沿岸・縁辺海域・海洋持続可能性研究の一層の充実と世界的展開
- ・リスクマネジメント研究・教育の一層の充実と世界的展開
- ・グッドプラクティスの充実と推進

Phase III (2034年頃～2044年頃) : Phase II の成果を活かし、地球人間圏科学・教育の充実と世界的展開に努めるとともに、すべての人類の協和、英知の結集、地球環境倫理の確立を実現し、以下の目標を達成することに寄与する。

- ・持続可能な世界を生きるための新しい地球観、生命観、人間観、世界観の創出
- ・地球環境問題の克服：人口問題、食糧問題、土地・資源・エネルギー問題、温暖化問題
- ・汚染の縮小、自然災害の減少、格差・貧困の削減
- ・持続可能な世界を導き維持する地球人間圏科学の更なる高度化と教育の推進
- ・科学の果実の全人類的共有

以上により、人と自然が調和した平和で持続可能な日本、アジア、世界を実現することに最大限の貢献をすることが、わが国の地球人間圏科学の「夢」である。

4-5. 固体地球科学：稠密観測・極限実験・高感度分析が拓く固体地球科学

(1) スコープ

地球は、海、陸、生命が存在し、大きな衛星「月」との強い相互作用、およびプレート運動、地殻変動、ダイナモ作用を伴う活動的な惑星である。なぜ地球がこのように活動的であるのか、未来の地球と人間社会の関わりはどのように変化していくのか、また宇宙の中でもユニークであるのか普遍的であるのか、これらの疑問のもと、系外惑星の探索、発見とともに「地球」の描像が大きく変わりつつある。地球での知見がリファレンスであると同時に、より一層、惑星「地球」の深い理解が求められている。

地球は、便宜的に固体地球圏、気圏、水圏、生物圏等にわけられるが、地球の根源的理解のためには、明らかにこれらを一つのシステムとして捉える必要がある。その中でも、質量の 99.98%を占める固体地球は重要な部分であり、火成・脱ガス作用、大陸形成、プレート物質循環等を通して、表層環境や生物進化に深く関わっている。固体地球の徹底的な理解は、人間社会にとっても重要である：地震・火山現象の予知と防災、資源の探求および開発、環境の保全と改善等への貢献を通して、人間や社会活動と深く関わっている。

惑星「地球」とそこでの現象の理解には、形成から現在にいたるまで、および表層から深部までの構造、進化の全容解明が必要である。それらに基づき、宇宙の中での「地球」の個性と普遍性が明らかになり、未来予測や人間社会への貢献も可能となる。すなわち、「地球の構造、変動、歴史を解明」を更に推し進め、「惑星『地球』のシステム全容を理解し予測する」ことが、「宇宙に拓いた地球像を創出する」ことにつながるのである。

(2) 項目・キーワードの関連性

「地球の構造、変動、歴史を解明」

表層－中心核の実験的再現・数値計算

- ・地殻-マントル-核とメルトの相平衡・転移

(高輝度X線・中性子ビームライン)

- ・プレート・マントル対流、MHD ダイナモ

陸域稠密観測 - 海域掘削と構造・資源・ダイナミクス

- ・地震－測地観測網 (**fil-net, DONET**)、重力、素粒子 (**ニュートリノ、ミューオン**)
- ・大規模高精度波形・データ解析、トモグラフィー (**地震波動理論の高度化**)
- ・海陸地質 - 元素資源マッピング (**深海掘削、超深度掘削、海陸新資源**)

地球史解読

- ・リターンサンプルによる形成初期進化 (**サンプルリターン**)
- ・**地球史・生命環境史の特異点**研究

「惑星『地球』のシステム全容を理解し予測する」

全地球の組成・物性・ダイナミクス

- ・**次世代高輝度ビームライン**物性実験 (**レーザー圧縮物性測定、氷惑星**)
- ・全地球・マイクロ-マクロ変動結合計算 (**第一原理計算シミュレーター**)
- ・素粒子による熱源分布トモグラフィー (**ニュートリノトモグラフィー**)

海陸常時稠密観測と高精度予測 (**新環境制御、廃棄物処理**)

- ・日本一周ケーブル、太平洋地球物理観測網 (**地殻変動高精度予測**)
- ・地震・火山噴火予知手法高度化 (**強振動予測定量化**)

地球史 - 生命発生・進化

- ・地球形成過程：マグマ海、GI (Giant Impact)、月 (**スーパーアース、ガス惑星**)
- ・地球史化学・生物層序と内外営力
(**同位体精密分析顕微鏡、冥王代、初期地球**)

「宇宙に拓いた地球像を創出する」

岩石・ガス惑星物性、資源 (**惑星地質・構造探査、太陽系新資源**)

- ・超高温高圧下での惑星内部構造と新物性
- ・惑星：地質、新資源、ハビタビリティ、利用検討

最先端稠密全球ネットワークによるリアルタイム観測 (**長期地球変動予測**)

- ・固体地球・表層・月・太陽相互作用の稠密観測
- ・地震・火山噴火・変動高精度予測、防災手法確立

シームレスな地球形成・進化史：データとシミュレーション

(**固体地球 - 表層・生命圏 - 宇宙圏統合進化モデル**)

- ・集積過程-冥王代から現在まで、

表層環境から地球中心まで、

全地球システム史と未来予測

段階的に、地球科学、惑星・天文学、生命科学を融合し、地球の個性と普遍性の理解、銀河史の中の地球史の理解を目指す。

(3) 基盤手法

これらの進展は、主に副題およびロードマップ下部に掲げられている以下の手法によって支えられる：① 表層から中心核まで、および地球史におよぶ稠密観測：物質科学的観測（地質・岩石・鉱物学、古生物学、地球化学的手法による全地球・地球史フィールドワーク、組織構造解析、試料サンプリング）および地球物理学的観測（地震－測地観測網、重力、素粒子による海陸連結稠密常時観測）、② 室内実験および数値実験による極限実験：地球惑星物質の物性に関わる超高温高压発生実験、スーパーコンピュータによる第一原理計算、地球内部および全地球システムの大規模連結シミュレーターによるダイナミクス の 解 明、③ 生体物質を含む地球惑星物質の高感度分析：高解像度構造解析、ナノスケール全元素・同位体分析。

(4) スーパーアース、ガス惑星、地球システム史と未来予測

全元素 - 同位体分析、分子構造解析：物質分化・生命進化の解明

4次元グローバルサンプリングによって得られる宇宙・地球の無機・有機・生体物質試料について、全元素・全同位体存在度および分子構造を解析し、冥王代の実態解明に加え、地表付近の諸過程（生命誕生・進化、酸素大気の出現、炭素や栄養塩の循環、大陸およびプレートの形成・進化、火成作用の変遷、気温・組成の急変事件と生物進化、宇宙線強度変化）、地球内部プロセス（マントル対流とプレート物質の循環・分化、内核の成長とダイナモ作用）および内部と表層の相互作用（水・炭素循環等）を解読する。極微量／ナノスケールの局所分析を駆使し、隕石、初期地球物質（例えば結晶中包有物）、初期生命の痕跡を徹底探索・解析する。

大規模稠密観測による地球内部構造と変動機構の解明

全地球を覆う地球物理学的観測（GPS、VLBI、応力計、超伝導重力計、地震・電磁気、素粒子（ニュートリノ、ミューオン）による観測）を展開し、地殻・マントル・核の構造と変動を捉える。特に、海域にも陸域と同程度の稠密高精度観測網を設置することにより、従来は見えなかった領域および高解像度で地球内部を透視し、プレート物質の大循環、コア－マントル境界の実態、核内部の構造と変動に加え、ほぼリアルタイムでプレート内および境界の構造とダイナミクス（地震、火山現象を含む）を捉える。これらが、活動的惑星「地球」の個性と普遍性の理解、および近未来の高精度変動予測の基礎となる。

4次元グローバルサンプリングによる地球史および内部構造の解明

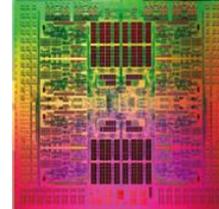
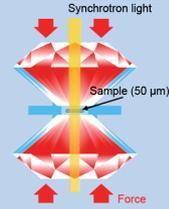
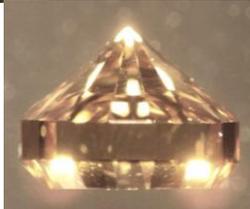
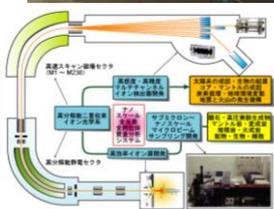
初期地球物質（隕石、生体物質を含む）の徹底探索による集積からマグマオーシャン、コア形成、ジャイアントインパクト、大気・海洋・大陸地殻・プレートおよび生命の出現に至る構造とプロセスを解明し、隠された時代「冥王代」の実態に迫る。全時代・全地域・超深度におよぶ稠密サンプリングにより、地球の物質科学的構造と進化を地球史におよぶ時空間（4次元）で捉え、内部一表層を包括する地球システムを実証的に解明する。

形成から現在、地表から中心にいたる条件での物性・反応実験

地球の形成と進化に関わる幅広い温度・圧力・組成条件に対応し、物性、相平衡・化学反応の実験を、全元素・全同位体分析・分子構造解析技術、高輝度X線・中性子線ビームラインと大容量試料（mm³cm）の物性再現・測定装置等と組み合わせ、物質の状態や構成則を制約する。集積やジャイアントインパクトに関連する岩石・鉱物の衝突や蒸発・凝縮、マグマオーシャンに関連する溶融、大陸やプレートの形成に関わる物質分化と物性、コアの形成・進化・構造に関わるメタルケイ酸塩反応、生命現象に関わる鉱物表面での反応、高分子や有機物合成などさまざまな物性や反応を制約する。

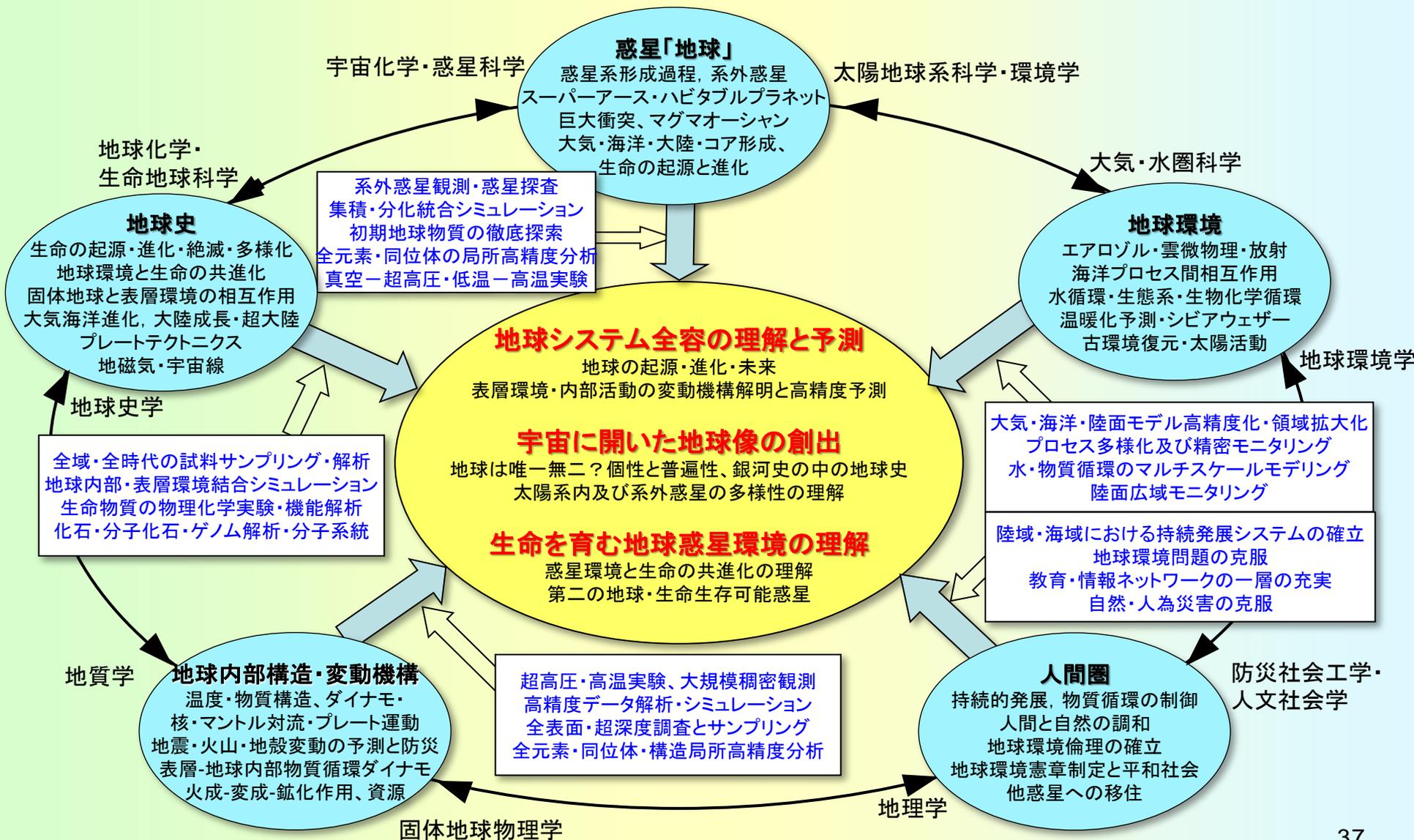
スーパーコンピューティング：連結モデル、データ解析、未来予測

惑星形成過程から初期地球の大規模分化に至るシームレスなシミュレーション、炭素-二酸化炭素等物質循環の地球内部一表層の連結シミュレーション、ゲノム・メタゲノム、たんぱく質解析等による生物多様性・進化の解析、コア-マントル-地殻を統合したダイナモ・プレート運動・大陸移動を含む統合シミュレーション、地震サイクル・地殻変動を含む局所高精度計算により、地球システムの振舞いを定量的に理解、予測する。大規模なグリッド、大きな物性コントラスト（例えばプレートとその境界）、膨大なデータ等を含むシミュレーション・解析のために、大容量メモリ（～1010ギガバイト）を用いた超高速演算を行う。



4. 地球惑星科学分野の科学・夢ロードマップ

全体概要(地球惑星科学連合会)



4-1. 宇宙惑星科学の科学・夢ロードマップ ～究極の探査・観測・分析が切り拓く宇宙惑星科学～

計算機速度
探査可能範囲
望遠鏡性能 etc

テクノロジーレベル

宇宙における惑星系形成の仕組みを明らかにする

太陽系探査・太陽地球系科学・スペース天文学:
 ・内惑星探査:磁気圏・大気と比較惑星学
 ・太陽・地球・惑星:プラズマ粒子加速過程
 ・複合系としての太陽地球系:太陽地球結合
 ・リターンサンプルによる太陽系初期史解読
惑星形成・系外惑星観測:
 ・分解能1 AUで惑星形成の現場を押さえる
重力多体系計算:
 ・微惑星形成/微惑星からの集積のフル計算

太陽系探査技術の確立
太陽地球系物質エネルギー流の解明

サンプルリターン

複数編隊衛星

小型衛星探査
センサー小型化

月・小惑星

水星・金星

地上観測の多点化・自動化

超高速超多体シミュレーター

高解像度同位体顕微鏡・超微小非破壊分析

多種の地上観測の総合化・自律化

宇宙天気・気候研究の基盤としての長期連続モニタリング観測・大規模データベースの構築(地上・衛星)

第二の地球・生命居住可能惑星を宇宙に見いだす

惑星環境の総合的理解

・太陽-惑星相互作用の普遍的理解
 ・太陽内部診断による太陽ダイナモの理解

第二の地球の発見:

・コロナグラフ・補償光学・高解像撮像

宇宙惑星物質分析パイプライン:

・超微小複雑試料
 ・氷・有機物

天文観測と太陽系探査の融合
太陽地球系の知見の普遍化

惑星探査

火星

惑星探査ロボット
レーザー誘導分光
超大型地上望遠鏡
大気散逸観測

木星

第一原理計算シミュレーター
全同位体精密分析顕微鏡
耐強放射線型探査機
スペース大型望遠鏡

太陽

惑星有機物質・氷分析装置

惑星空間巨大実験

生命を育む様々な惑星環境を理解する

太陽系外縁部

宇宙惑星科学と生命科学の融合
惑星を持つ恒星系の普遍的理解

氷衛星

系外惑星プラズマ計測
惑星表面観測プラットフォーム
多点超小型衛星観測網
同位体その場分析機器
テラフォーミング実験

テクノロジー

メインベルト

惑星常時モニタリング
小惑星衝突実験施設
深宇宙多波長天文台

常時惑星周回高解像度観測:

・惑星・衛星の磁気圏・大気・地表の常時モニタリング

生命を宿す系外惑星の発見:

・系外地球型惑星大気分光・地球外生命の兆候発見

前生命的化学進化の探査的研究:

・衛星有機物反応ネットワーク、分子雲起源低温物質

微小重力の物理(宇宙実験):

・小惑星上の衝突実験、複雑系惑星物理学

2010年

2020年

2030年

2040年

西暦

4-2. 大気海洋・環境科学の科学・夢ロードマップ ～基礎過程の理解と気候予測および気候監視～

高精度・高解像化
多次元化・多様化
結合領域拡大
観測空白域縮小

サイエンスレベル

階層モデル・結合モデル
観測網の拡充・空白域へ観測
拠点整備
長期気候データの蓄積

結合モデル

メソ気象解像度実用・雲解像度開発/エアロゾル・化学・乱流/雲/重力波パラメタリゼーション
全大気モデル/海洋階層構造モデル/生態系・水循環結合モデル

観測と監視

太陽活動の気候影響研究/大型大気レーダ観測網/定常気象・水文・生態系観測網/再解析長期気候データ/小規模集中観測(雲ライダー・各種ゾンデ・航空機・地上ステーション等)/漂流ブイ観測(物理気候)/アジア生物多様性観測/静止衛星(雲・水蒸気・風)・GPS衛星(可降水量・気温)/ドームふじ氷床コア解析・次世代コア技術

地球シミュ
K-コンピュータ

シビアウェザー
(竜巻・台風・短時間豪雨)
および温暖化予測

社会
貢献

観測網の充実

観測・モデルの多元化・総合化
機動的観測システム整備

人・地球システムモデル

雲システム解像度実用・雲解像度開発
雲微物理/放射/境界層乱流/波動階層構造/海洋プロセス間相互作用/生態系・水循環相互作用組込

磁気圏・電離圏実験装置

観測と監視

ジオスペース観測システム/太陽-大気相関計測システム/オゾン層・夜光雲等中層大気の監視/生態系・全水循環過程監視

Exascale
コンピュータ

水・GHG・汚染物質の把握
と予測・エネルギー管理・防
災・交通管理への応用

多元的総合的観測網(レーダ・多機能ライダー・航空機・各種ゾンデ・地上ステーション)/集中観測(シビアウェザー・物質循環)/漂流・定点ブイ:生物地球化学・生態系パラメータ・陸域フラックス・CO2全海洋フラックス/衛星全球観測・静止衛星の高度化(水循環・海洋生物・植生・雲・エアロゾル・GHG)/全球アイスコア採集(消えゆく気候記録の保存)

宇宙・大気全層・海洋の
精密監視と予測
アジア域での
観測研究の主導

Zetta scale
コンピュータ

大気階層構造のシームレス予測・機動的ジオエンジニアリング

国際研究
計画との
連携

計算機・観測技術の向上

人・地球・宇宙システムモデル

雲解像度実用・乱流解像度開発
水文・海洋フラックス・太陽活動組込
観測と監視

ジオスペース・大気・人間活動相互作用の理解/気象・水文・生態系の観測網による監視と機動的多元的観測体制の確立と運用/衛星による水循環・気候変動・全大気層の観測定常化/海洋突発・異常現象の監視・海洋生態系の時空間変動・資源の計画的管理/南極グリッド掘削・惑星氷床掘削

観測データ4次元同化・アンサンブル予報・ネスティング・ダウンスケール

領域メソ気象モデル・古気候再現モデル・水文モデル・物質輸送拡散モデル等による基礎研究

新たな観測プラットフォームの導入と利用(航空機・観測船・新南極内陸基地等)

2010年

2020年

2030年

2040年

西暦

4-3. 地球人間圏科学の科学・夢ロードマップ ～持続可能な日本, アジア, 世界の実現への道～



4-5. 地球生命科学の科学・夢ロードマップ ～次世代の探査・観測・分析が描く地球の生命像～

テクノロジーレベル

分析の高精度化
探査可能範囲
試料アクセス範囲 etc

地球における生命圏の
仕組みを明らかにする

地球生命圏の広がり・
限界を探索する

地球とは何か、生命とは何か
を理解する

地球と生命
の共進化

地球と生物圏の未来予測
宇宙と地球生命科学の融合

地球38億年の生命史の解説:

- ・化学進化、生命の起源
- ・3大生物界(バクテリア, アーキア, 真核)の確立
- ・多細胞生物の出現と進化
- ・陸上への進出
- ・生物地球化学サイクルの進化

地球史イベント:

- ・大気海洋の誕生, 大陸形成, スノーボールアース, 小惑星衝突
- ・温室期-氷室期環境変動, 気候シフト

極限環境へのアプローチ

- ・熱水, 冷湧水, 貧酸素水塊, 超深海, 深海塩湖, 極域, 乾燥域, 高所, 大気圏, 地球圏外

地球生命科学の
サンプルアクセスの確立

小惑星サンプル
リターン

深海・熱水系
地下生物圏探査

地質調査

地球内部

南極水床下
生物圏探査計画

大規模地震
発生帯調査

マントル

海底下BioCCS
実用展開

統合国際深海掘削計画(IODP)
国際陸上科学掘削計画(ICDP)
Deep Carbon Cycle計画

小惑星サンプルリターン
(はやぶさ2)

太陽系内探査

モデリング・地球シミュレータ

テクノロジー

エクスペディション

太陽系外

ハビタブルプラネット

次世代AUV運用
深海プラットフォーム
国際宇宙ステーション

超微量分子レベル・環境オミクス手法の高解像度解析:

- ・プロテオミクス・リポドミクス・ゲノミクスの融合的進展
- ・難培養性微生物の1細胞ゲノム解析
- ・自然科学と社会への貢献

「生物の形」の理論と実験的研究

- ・形態, 器官の形成, 生理機構の解明

海洋酸性化・温暖化と生物応答の研究:

- ・古海洋学と実験生物学の相乗的アプローチ

地球外の物質進化の探査検証的研究:

- ・分子雲/星間/惑星間起源低温物質の解明

進化再現実験(次世代ジュラシックパーク)

表層圏

分子系統・分類学・リポジトリ

高精度モレキュラー分析・同位体分析・超微量非破壊分析, ジオバイオインフォマティクスの開拓と展開

2010年

2020年

2030年

2040年

西暦