

CRC 将来計画検討小委員会 2024-2026 年度報告書

将来計画検討小委員会

2026 年 9 月 1 日

委員構成

石原安野（千葉大）、福家英之（ISAS）、身内賢太朗（神戸大、委員長）、毛受弘彰（名大 ISEE）、麻生洋一（国立天文台、ICRR）、廣島渚（横浜国立大）、藤井俊博（大阪公立大）、川田和正（ICRR）、市来淨與（名古屋大）、野田博文（東北大）、須田祐介（広島大）、坂下健（KEK、筑波大）、都丸隆行（国立天文台、オブザーバー）、荻尾彰一（ICRR、オブザーバー）、伊藤好孝（ICRR、オブザーバー）、梶田隆章（ICRR、オブザーバー）

1 はじめに

CRC 将来計画検討小委員会は、2011 年に日本学術会議の天文学・宇宙物理学分科会から中規模将来計画の推薦を依頼されたのを機に CRC 実行委員会によって設置された。科学的価値に主眼を置いて CRC 関連の将来計画を検討し、CRC 実行委員会へ報告することをその役割としている。CRC 実行委員会からの指名で小委員会委員が選定され、2～3 年の任期で小委員会を運営してきている。今季の将来計画検討小委員会は 2024 年 10 月に設置され、2026 年 9 月までの 2 年間活動を行った。CRC 実行委員会より 2024-2026 年度期将来計画検討小委員会に依頼された具体的な課題は、

1. 未来の学術振興構想 2025 改訂に関連した将来計画の検討
2. CRC ロードマップ 2026 の策定

であった。これらの課題に対応するため、本小委員会では計 3 回のタウンミーティングを開催し、コミュニティの意見集約を行った。本報告書は、2024-2026 年度期の小委員会報告である。

2 未来の学術構想への対応

2.1 経緯

2023 年に日本学術会議によって、今後 20～30 年まで先を見据えた学術の振興構想として「未来の学術振興構想（2023 年版）」がまとめられた [1]。未来の学術振興構想（2023 年版）は全 19 のグランドビジョンで構成され、CRC に関連する 12 のプロジェクトが付録 B に示す通り掲載されていた。日本学術会議は未来の学術振興構想の小改訂を 2025 年に行い、CRC 関連のプロジェクトとしては以下 10 の計画が提案書を提出した。CRC 将来計画検討小委員会としては、コミュニティとしての将来計画の参考情報とするために上記提

案書の提出に際して情報を収集した。

- CTA 国際宇宙ガンマ線天文台 (CTA International Cosmic Gamma Ray Observatory)
- 南天における PeV 領域ガンマ線広視野連続観測 (Mega ALPACA) (Wide Field-ofView PeV Cosmic GammaRay Survey in the Southern Sky (Mega ALPACA))
- 極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験 (Global Cosmic ray Observatory,GCOS) による次世代天文学の開拓と極限宇宙物理現象の解明 (Clarifying Universe's Extremely Energetic Phenomena with GCOS as UHECR Astronomy)
- IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開 (The vision of neutrino astronomy with IceCubeGen2 international observatory)
- 大型液体キセノンを用いた宇宙暗黒物質直接検出実験 (DARWIN/XLZD 実験計画の推進) (Direct Dark Matter Search with a large liquid xenon detector (DARWIN/XLZD))
- カムランド高性能化による極低放射能環境でのニュートリノ研究 (Neutrino Research at the Ultra-low Radioactivity Environment with Upgraded KamLAND)
- 大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験 (ハイパーカミオカンデ計画の推進)(Nucleon Decay and Neutrino Oscillation Experiment with a Large Advanced Detector)
- 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画 (略称: KAGRA)(The Large-scale Cryogenic Gravitational Wave Telescope, KAGRA)
- 宇宙重力波望遠鏡 BDECIGO による天文学・宇宙物理学の新展開 (New Era of Astrophysics with Space Gravitational-Wave Antenna B-DECIGO)
- ハドロン衝突型加速器におけるビーム軸方向での素粒子研究の開拓 (Exploring particle physics in the forward direction at hadron colliders)

未来の学術振興構想の改訂に関連して、日本学術会議物理学委員会・天文学・宇宙物理学分科会より「天文学・宇宙物理学分野において推進すべき将来計画の検討の依頼」が2025年11月にCRC実行委員長宛に届いた(付録C参照)。CRC将来計画検討小委員会としてはこれを受け、いずれもオンライン開催にて以下の通り対応した。

- 2025年11月26日 CRC 将来計画検討小委員会
- 2026年11月27日 コミュニティーに対しての説明会 (crc-news 4992 参照)
- 2025年12月5日 CRC 将来計画検討小委員会拡大委員会
- 2025年12月13日 2025年度第1回 CRC タウンミーティング
- 2025年12月24日 CRC 将来計画検討小委員会
- 2025年12月24日 CRC 実行委員長への文書提出

これらの文書作成の過程を経て、CRC 実行委員長から日本学術会議物理学委員会・天文学・宇宙物理学分科会に提出された。

3 CRC ロードマップ 2026 の策定

3.1 策定経緯

本小委員会の課題のひとつが CRC ロードマップの改訂であった。具体的には 2025 年 3 月に公開された前小委員会の報告書 [2] の図 1 として掲載されているロードマップを、物理的な目標を整理したうえで現状に即した計画に改訂することが求められた。CRC に関連したプロジェクトの総覧のために、小委員会発足直後の 2025 年 3 月に 2024 年度第 1 回 CRC タウンミーティングを東京大学柏キャンパスにて行った。このタウンミーティングでは、関連する各プロジェクトの状況を報告してもらうと共に、「近隣分野の状況」として、文科省/学術会議の動向（山本常夏）、高エネルギー分野の将来計画（奥村恭幸）、高宇連の将来計画（田中孝明）、JAXA/ISAS の将来計画（山口弘悦）という講演も企画し、上位組織や近隣分野の動向に関する情報を収集、CRC の将来計画立案に活かすこととした。また、このタウンミーティングでは、新しい試みとして分野の将来を担う若手の発表の場として、「博士論文発表会」を開催し、5 件の発表を得た。その後、タウンミーティングではカバーしきれなかった理論関係の情報を補うことを目的として、CRC オンラインセミナーシリーズを企画、2025 年 6 月 18 日から 2025 年 9 月 29 日に渡って不定期に全 7 回のセミナーを開催した。

- 2025 年 6 月 18 日 「高エネルギー天体现象」 檜山和己（東北大）
- 2025 年 7 月 3 日 「宇宙線の起源と加速機構の解明」 霜田治朗 (ICRR)
- 2025 年 7 月 9 日 「銀河・大規模構造の進化」 宮武広直（名古屋大）
- 2025 年 7 月 28 日 「宇宙線のモジュレーション」 宗像一起（信州大）
- 2025 年 8 月 6 日 「超新星のマルチメッセンジャー試み」 堀内俊作（東京科学大）
- 2025 年 8 月 18 日 「宇宙初期・物質の創成」 郡和範（国立天文台）
- 2025 年 9 月 29 日 「雷や雷雲からの放射線と宇宙線」 土屋晴文（原子力機構）

こうした一連の情報収集作業の後、2025 年 9 月 22 日に東京大学宇宙線研究所にて対面の会議を行い、ロードマップ作成作業を本格的に開始した。CRC 実行委員会とも随時連絡を取りながらロードマップの作成を進め、2026 年 1 月には最終デザインを外部に依頼することに関して CRC 実行委員会からの了承を得た。

2026 年 3 月の 2025 年度第 2 回 CRC タウンミーティングで CRC メンバーにロードマップ案の紹介、説明を行い、フィードバックを取り入れたのちに、2026 年 4 月に CRC ロードマップ 2026 として公開した [3]。

3.2 CRC ロードマップ 2026 概要

図 1 に本小委員会で策定した CRC ロードマップ 2026 を示す。また、附表を図 2 とした。ロードマップのメインの図には具体的なプロジェクト名を示すのではなく、中央に「宇宙と物質の起源および基本原理の解明」という究極的な物理目標を配置して、その周りに

- 太陽・地球圏の物理
- 高エネルギー天体现象の物理
- 天体・銀河・大規模構造の形成と進化
- 初期宇宙の物理
- 物質創生の物理

● 宇宙線の起源と加速機構

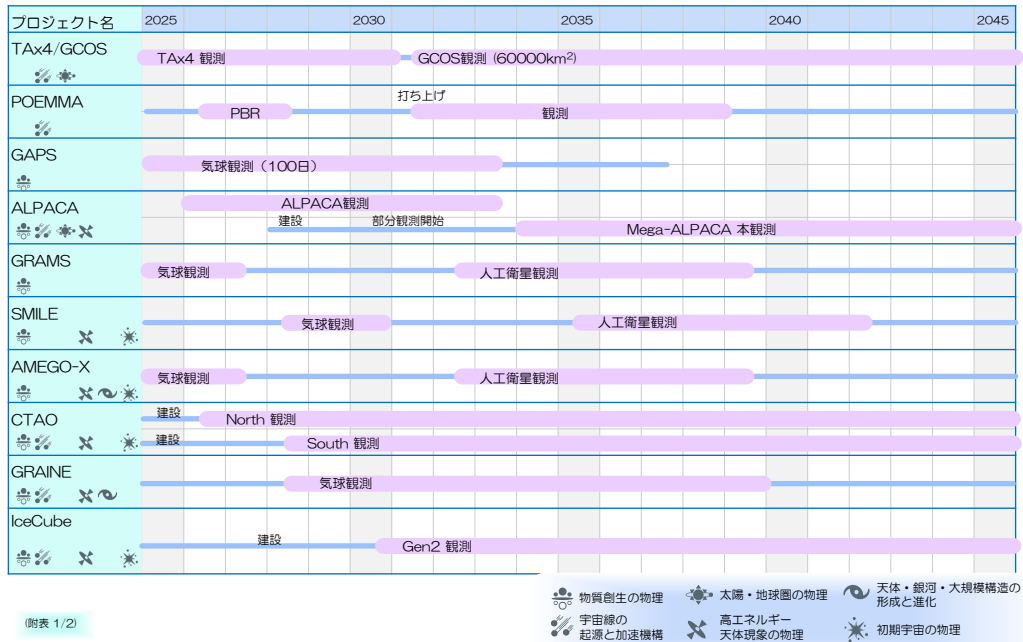
という具体的な物理目標を6つ配するという形式とした。6つの目標は独立ではなく、実際には複雑な関係を持っているが、1枚のロードマップとして示すために以下の観点でまとめることとした。太陽・地球圏の物理、高エネルギー天体現象の物理、天体・銀河・大規模構造の形成と進化、初期宇宙の物理、はそれらをおおよそスケール順に配置した。また、「物質創生の物理」および「宇宙線の起源と加速機構」は上述の4つの目標に対し横串としての機能を持つものであり、基本原理に近い目標として色をかえて示すこととした。図の外側から内側にかけて時間軸は進行し、外側に配置された具体的な小目標を積み重ねて内側の大目標に近づいていくことを模式的に表している。これらの物理目標に至るマイルストーンを、関連するプロジェクトの計画を参考にして設定し、おおよその年代とともに示した。提出されている従来のプロジェクト毎の年次計画は、附表として添付することとし、6つの物理目標への対応をアイコンによって示した。



図1 CRC ロードマップ 2026[3]

CRC ロードマップ2026 (附表)

ver. 20260410



ver. 20260410



図2 CRC ロードマップ 2026(附表)[3]

3.3 CRC ロードマップ 2026 細説

3.3.1 太陽・地球圏の物理

我々にもっとも近いスケールの物理として、太陽・地球圏の物理の理解を進める。太陽や恒星のフレアの観測を進め、その解明へとつなげる。こうした理解は非熱的物理過程の解明へと発展し、太陽・地球圏の物理の理解を深めるとともに宇宙線の生成と加速機構の理解へもつながる。太陽圏の磁場測定とも合わせて宇宙天気予報の実現へと発展させ、宇宙線観測の実用的な応用例とする。近傍宇宙線の観測と太陽活動との関係性の追求を進め変動起源を解明する。地球始源隕石の観測により、太陽系、地球の成り立ちの理解を深める。地球ニュートリノの観測と合わせて地球熱収支の研究を進め、解明を目指す。

3.3.2 高エネルギー天体現象の物理

ブラックホールや中性子星など、高エネルギー天体現象の物理的な理解を深める。突発現象の詳細な観測や、ブラックホール物理の検証を進め、中性子星の状態方程式といった極限環境の物理の解明へとつなげる。超新星からのニュートリノの探査も進め、ニュートリノの広帯域スペクトルとジェットや爆発機構の解明へとつなげる。また、マルチメッセンジャー的手法による重元素の合成過程の解明を進め、宇宙全体の重元素の起源解明を目指す。

3.3.3 天体・銀河・大規模構造の形成と進化

さらに大きいスケールの物理として、天体・銀河・大規模構造の形成と進化の解明を進める。高エネルギー天体現象との境界的なテーマとして天体形成現場の観測を進め、天体形成に付随する元素合成や、天体活動からのフィードバックによる銀河進化の解明へとつなげる。ブラックホールや中性子星等、天体起源重力波の観測を進め、天体形成と銀河等のより大きな構造の宇宙論的タイムスケールでの共進化についての示唆を引き出す。銀河団衝突による衝撃波等の解明を通じ宇宙線加速の過程に迫る。ブラックホール形成史や起源の解明を目指す。ハッブル定数精密測定等による宇宙論の検証を進める。

3.3.4 初期宇宙の物理

宇宙全体に関連する物理として、初期宇宙の理解を深める。ニュートリノ振動の精密測定や CP 破れの測定、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊の探索を進め、ニュートリノ質量・階層性の決定を行うことで、素粒子標準模型の先にある究極理論への示唆獲得を目指す。宇宙初期の元素合成の探査を進め、その後の宇宙における物質の進化史を解明する。関連して、物質・反物質非対称性の起源解明を目指す。宇宙マイクロ波背景放射や原始重力波の観測を進め、インフレーション理論の検証を行うことを通じて宇宙開闢の瞬間に迫る。重力を含めた力の統一理解に向けた量子重力理論解明を目指し、初期宇宙の物理へとせまる。

3.3.5 物質創生の物理

物質創生の物理の解明を目指す。暗黒物質の有力候補である、Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) およびより広範な暗黒物質モデルの探索を進め、暗黒物質の正体解明を目指す。標準理論を超えた物理現象として、原子核稀崩壊や陽子崩壊探索を行う。これらの探索実験を通じて、超対称性理論や大統一理論の検証を進め、物理法則の基本原理の解明にせまる。

3.3.6 宇宙線の起源と加速機構

宇宙線の起源および加速機構は宇宙線研究の根源的な課題である。それらに密接に関連する宇宙線の化学組成の精密測定を進め、銀河系内ペバトロン探査、系外の超高エネルギー源の同定により、銀河系内から系外への起源の遷移を詳らかにする。これらを通じて最高エネルギー宇宙線の起源および加速機構の解明にせまる。超高エネルギー宇宙線と原子核反応の精密測定を通じて、加速器未到達の高エネルギーでの原子衝突反応を理解する。

宇宙線研究全般、特に物質創成の物理と宇宙線の起源と加速機構の解明については、2020 年前半までに確立した光子・ニュートリノ・宇宙線・重力波によるマルチメッセンジャー的手法の発展が今後 20 年の研究発展の鍵を握る。

4 総括・申し送り

今期の将来計画検討小委員会は、未来の学術振興構想の改訂とロードマップの作成に絞った活動を行った。これらに焦点を当てたタウンミーティングを開催、近隣分野の情報収集や博士論文発表会なども合わせて行った。博士論文発表会は、分野の将来を担う若手の発表の場として今後のタウンミーティングでも開催を続けることを提案する。2025 年度第 2 回のタウンミーティングではポスターセッションも開催、科学的な議論の場としてだけでなく、CRC 会員の交流の場としても活用していただけたものと考えている。ロードマップは、メインの図にはプロジェクト名を記載せず、従来のロードマップに相当する各プロジェクトの年次計画が並んだ図は附表として掲載することとした。これまでのロードマップではプロジェクトと関連する物理の結びつきが複雑になっていたものを、今回はアイコンを活用することでシンプルな見た目になる様に修正した。附表について定期的にアップデートすることで、ロードマップの適時性が維持されるようになっている。今季の委員会では、日本語版のロードマップのみを作成したが、国際共同研究が多く行われている現状を鑑み、英語版の作成も必要であると考えている。

最後に、CRC 会員の皆様にはいつも積極的に CRC の活動を推進いただき、本小委員会でも多くのサポートやフィードバックを頂いた。ここに感謝を示し、本小委員会報告を締めくくる。

付録 A 活動の記録

本委員会の活動記録を以下に記す。

委員会

- 2024 年 10 月 30 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2024 年 12 月 4 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2025 年 1 月 23 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2025 年 5 月 1 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2025 年 5 月 29 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2025 年 8 月 26 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2025 年 9 月 22 日 CRC 将来計画検討小委員会ロードマップ作成ワーキンググループ打ち合わせ (東京)

大学宇宙線研究所)

- 2025 年 10 月 22 日 CRC 将来計画検討小委員会ロードマップ作成ワーキンググループ打ち合わせ (zoom)
- 2025 年 11 月 26 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2025 年 12 月 5 日 CRC 将来計画検討小委員会拡大委員会 (zoom)
- 2025 年 12 月 24 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2026 年 1 月 21 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2026 年 4 月 14 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)
- 2026 年 5 月 12 日 CRC 将来計画検討小委員会 (zoom)

タウンミーティング等

- 2024 年度第 1 回 CRC タウンミーティング
 - － 2025 年 3 月 10 日-11 日
 - － 於：東京大学柏キャンパス総合研究棟 6F 大会議室
 - － URL: <https://indico.icrr.u-tokyo.ac.jp/event/1104/>
- 2025 年度オンラインセミナーシリーズ (於：zoom <https://indico.icrr.u-tokyo.ac.jp/event/1156/>)
 - － 2025 年 6 月 18 日
 - － 2025 年 7 月 3 日
 - － 2025 年 7 月 9 日
 - － 2025 年 7 月 28 日
 - － 2025 年 8 月 6 日
 - － 2025 年 8 月 18 日
 - － 2025 年 9 月 29 日
- 2025 年度第 1 回 CRC タウンミーティング
 - － 2025 年 12 月 13 日
 - － 於：zoom
 - － <https://indico.icrr.u-tokyo.ac.jp/event/1213/>
- 2025 年度第 2 回 CRC タウンミーティング
 - － 2026 年 3 月 16 日-17 日
 - － 於：名古屋大学坂田・平田ホール
 - － <https://indico.icrr.u-tokyo.ac.jp/event/1218/>
- 日本物理学会シンポジウム開催
 - － 「宇宙線研究で挑む宇宙と物質の起源および基本原理の解明」
 - － 2026 年 9 月 15 日
 - － 於：東京大学駒場キャンパス
 - － URL: https://onsite.gakkai-web.net/jps/jps_search/2026au/program/date/programu.html#j15pE523

付録 B 未来の学術振興構想 2023

未来の学術振興構想 2023 では以下の CRC 関連のプロジェクトが掲載されていた [1]。

- グランドビジョン 18: 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明
 - 160 CTA 国際宇宙ガンマ線天文台 (CTA International Cosmic Gamma Ray Observatory)
 - 162 南天における PeV 領域ガンマ線広視野連続観測 (Mega ALPACA) (Wide Field-ofView PeV Cosmic GammaRay Survey in the Southern Sky (Mega ALPACA))
 - 164 POEMMA 超高エネルギー粒子 (ν ・宇宙線) の衛星軌道からのステレオ観測 (POEMMA (Probe Of Extreme Multi-MessengerAstrophysics))
 - 165 多波長・マルチメッセンジャー観測による初期宇宙探査・極限時空探査 (Exploration of the early universe and the extreme space-time by multimessenger)
 - 167 極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験 (Global Cosmic ray Observatory,GCOS) による次世代天文学の開拓と極限宇宙物理現象の解明 (Clarifying Universe's Extremely Energetic Phenomena with GCOS as UHECR Astronomy)
- グランドビジョン 19: 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求
 - 173 IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開 (The vision of neutrino astronomy with IceCubeGen2 international observatory)
 - 177 大型液体キセノンを用いた宇宙暗黒物質直接検出実験 (DARWIN/XLZD 実験計画の推進) (Direct Dark Matter Search with a large liquid xenon detector (DARWIN/XLZD))
 - 178 カムランド高性能化による極低放射能環境でのニュートリノ研究 (Neutrino Research at the Ultra-low Radioactivity Environment with Upgraded KamLAND)
 - 181 大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験 (ハイパーカミオカンデ計画の推進)(Nucleon Decay and Neutrino Oscillation Experiment with a Large Advanced Detector)
 - 182 LiteBIRD — 熱いビッグバン以前の宇宙を探索する宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星 (LiteBIRD — LiteBIRD - A Satellite for Exploring the Universe before the Hot Big Bang with Measurements of Cosmic Microwave Background Polarization)
 - 183 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画 (略称: KAGRA)(The Large-scale Cryogenic Gravitational Wave Telescope, KAGRA)
 - 184 宇宙重力波望遠鏡 BDECIGO による天文学・宇宙物理学の新展開 (New Era of Astrophysics with Space Gravitational-Wave Antenna B-DECIGO)

付録 C 学術会議からの依頼

2025 年 11 月 17 日

宇宙線研究者会議 代表者 殿

日本学術会議物理学委員会 天文学・宇宙物理学分科会 奥村幸子

依頼

天文学・宇宙物理学分野において推進すべき将来計画の検討

天文学・宇宙物理学分野のコミュニティの皆様におかれましては、日頃より日本学術会議の活動にご協力いただき、誠にありがとうございます。第 26 期の「未来の学術振興構想（改訂版）」の募集も踏まえ、天文学・宇宙物理学分科会として致しましては、独自に天文学・宇宙物理学を俯瞰した観点で分野全体の発展に資する将来計画をまとめることと致しました。将来計画の推進に関しましては、その母体となるコミュニティの協力・支援が大変に重要な鍵となっております。つきましては、コミュニティ代表者の皆様に、将来計画及びその検討結果の分科会へのインプットのご協力をお願いする次第です。具体的には、以下の項目に関して簡潔におまとめいただいたレポートを 12 月 26 日までに futureplan2026@ml.jwu.ac.jp 宛てにお送りください。

- ＜おまとめいただく項目＞
1. コミュニティでの議論の経緯
 2. 優先すべき計画
 3. 当該分野の計画全体像と相互関係
 4. 当該分野以外の計画との関係
 5. その他将来計画の推進に関して特筆すべき点（あれば）

なお、未来の学術振興構想（改訂版）に応募されなかった計画に関しましても、必要に応じてご記載下さい。参考までに前期の各コミュニティからの報告（p39～74）を以下にお知らせ致します。コミュニティ毎の計画一覧表の作成は今回不要です。<https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kiroku/3-20230801.pdf> ご提出いただきましたレポートを資料として、2026 年 1 月の分科会にて天文学・宇宙物理学を俯瞰した観点で将来計画を議論させていただきます。その際、分野全体でまとめる将来計画の規模は、未来の学術振興構想に準じ、「予算総額（国際共同事業については国内負担分）について特に下限は設けないが、科学研究費補助金等で実施困難なものであることを前提とし、概ね 2000 億円を上限」と致します。議論した内容をご提出いただいた各コミュニティからのレポートを 2026 年 3 月に記録としてとりまとめる予定です。

また、未来の学術振興構想（改訂版）に提案されました物理学委員会関連（物性、素粒子、天文学の各分野）の将来計画に関する遠隔の情報交換会が今後（2026 年 1～2 月に）開催される予定です。その際には、特に新規提案の紹介を 10 分程度でお願いする可能性がございます。日程・詳細が決まりましたら改めてご連絡差し上げることになると思います。

お忙しい所、誠に恐縮ですが、ご協力の程どうかよろしくお願い致します。

以上

参考文献

- [1] <https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-25-t353-3.html>
- [2] <https://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/CRC>
- [3] https://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/CRC/townmeeting/doc/CRCroadmap_2026_20260410.pdf