

RISE月惑星探査検討室の現状報告

松本晃治

VLBIの話は出てきません・・・

2016/10/04 VERA UM

平成28年度プロジェクト目標

1. 国立天文台が行う月惑星研究の長期ビジョンを国内外の研究者と協力して検討する。
2. 国立天文台が関わるべき次期の月惑星ミッションについて、人員体制、開発項目の検討や基礎実験を行う。
3. 小惑星探査（はやぶさ2）、木星系探査（JUICE）およびさらに将来の月・惑星探査計画等において、天体内部構造の解明を目指した観測研究手法の検討・機器開発を行う。

H27年度点検評価報告から抜粋

人的資源が限られた厳しい状況が続いていると思われるが、RISE月惑星探査検討室の構成メンバーが惑星科学コミュニティーとの協力体制を構築したうえで、諸大学および他研究機関と早急に議論を進めて長期ビジョンを策定し、明確な目標のもとに国立天文台としても独自性ある研究開発を展開することに期待したい。

RISE現状

■ 人員（2016/10/1現在）

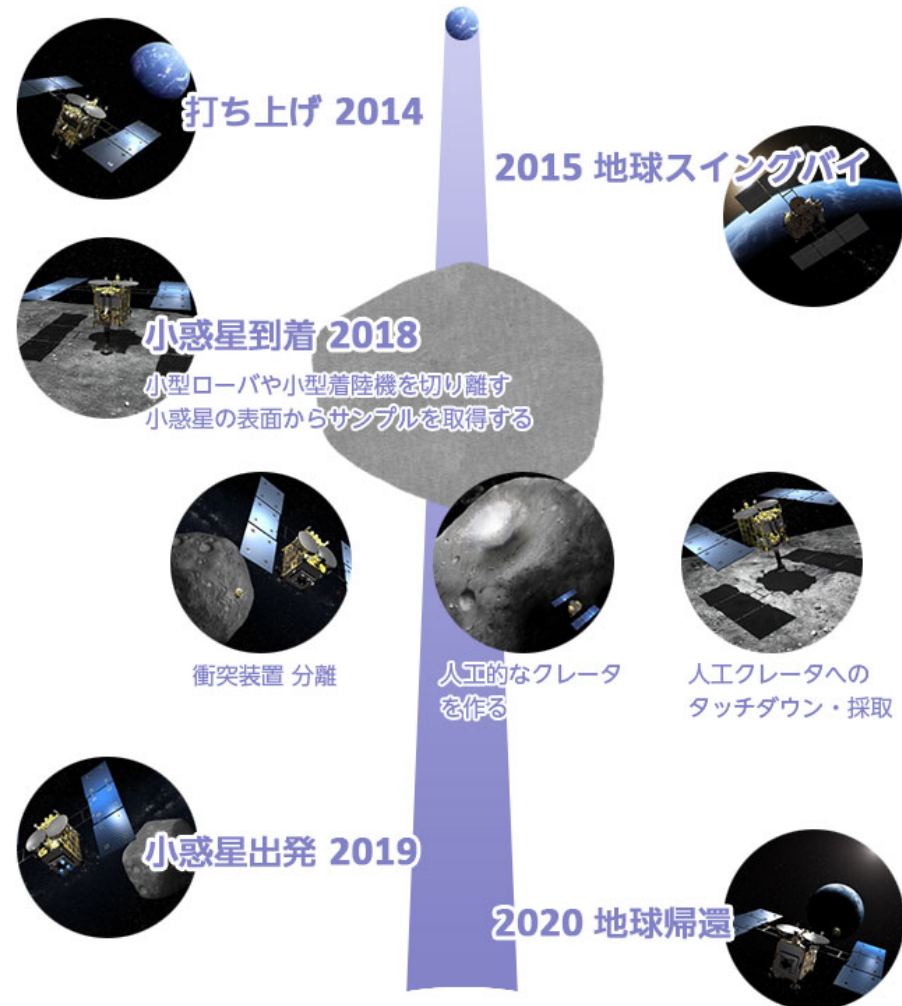
- 9.5名（P1, AP2, A2, 主研1, 研技1.5, 特研1, 事支1）
- 11/1に特任研究員（川村氏）が水沢に赴任予定
- 特任研究員1名（山田氏後任）公募中

■ 参加している探査ミッション

- はやぶさ2：レーザ高度計(運用中)
- JUICE：レーザ高度計(開発中)
- MMX（火星衛星SR）：内部構造探査(検討中)

はやぶさ2/LIDAR

- S型と比べ、より始原的と考えられるC型小惑星からのサンプルリターン
- 含水鉱物、有機物が期待される
- 2015年12月3日：地球スイングバイ
- 2018年6月頃：Ryugu到着予定
- LIDAR観測
 1. 測距モード
 - 距離を計測
 - 形状モデル
 - 自由落下・上昇時の重力測定
 - アルベド計測
 2. ダストカウントモード
 - 小惑星周辺に浮遊するダストから微弱な反射光を検出
 3. 光リンクモード
 - スイングバイ前後に光リンク実験



出典 <http://fanfun.jaxa.jp/countdown/hayabusa2/mission.html>

はやぶさ2/LIDAR 研究成果

LIDAR開発

Mizuno, T., T. Kase, T. Shiina, M. Mita, N. Namiki, H. Senshu, R. Yamada, H. Noda, N. Kunimori, N. Hirata, F. Terui, Y. Mimasu, Development of the Laser Altimeter (LIDAR) for Hayabusa2, Space Science Reviews, in press.

ダストカウントモード

Senshu, H., S. Oshigami, M. Kobayashi, R. Yamada, N. Namiki, H. Noda, Y. Ishihara, T. Mizuno, Dust Detection Mode of the Hayabusa2 LIDAR, Space Science Reviews, in press.

アルベド観測

Yamada, R., H. Senshu, N. Namiki, T. Mizuno, S. Abe, F. Yoshida, H. Noda, N. Hirata, S. Oshigami, H. Araki, Y. Ishihara, K. Matsumoto, Albedo Observation by Hayabusa2 LIDAR: Instrument Performance and Error Evaluation, Space Science Reviews, in press.

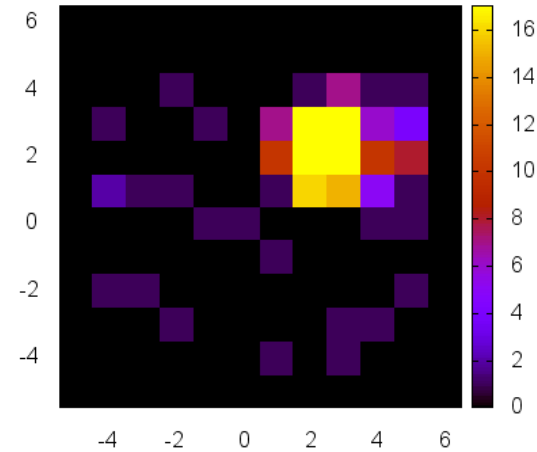
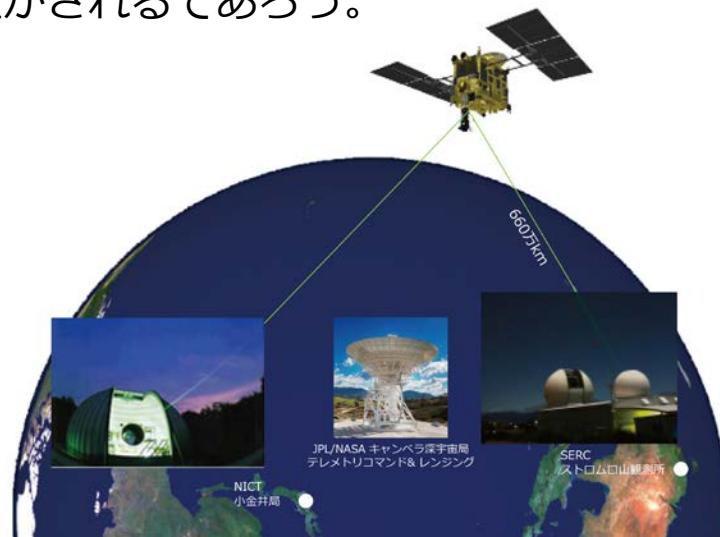
現職、OB・OG

はやぶさ2/LIDAR 光リンク実験

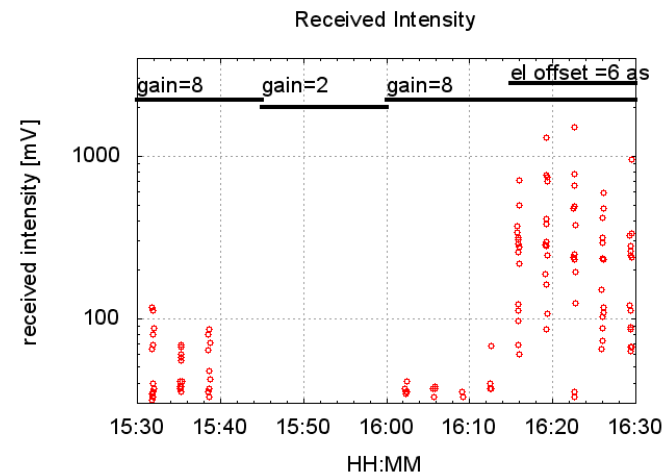
- オーストラリアからのレーザ光を受信、片道レーザリンクが確立した。
- 最も遠い距離は660万 km。月よりも遠い距離でのレーザリンク実験の成功は、アメリカのMESSENGER、Mars Global Surveyorに続き世界で3例目。
- 探査機の姿勢を細かく振ることにより、LIDARのアライメントを確認した。

Noda et al., EPS, in revision

- この経験はJUICE/GALAのpointing calibrationにも生かされるであろう。



受光強度分布



受光強度時系列

JUICE

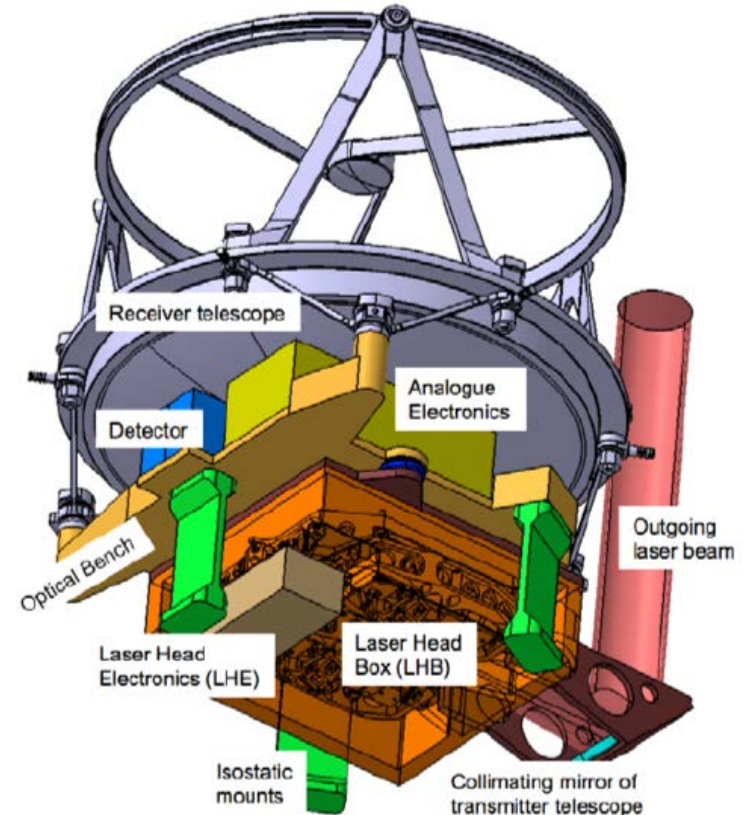
- JUICE (JUperiter ICy moons Explorer)
- ESA主導の木星系探査ミッション
- ESAのCosmic Vision Themeのうち、2つの疑問の解明に貢献
 1. 惑星形成と生命出現の条件は何か？
 2. 太陽系は、どのように発達するのか？
- 主要ターゲット=氷衛星。特にガニメデ。
地下海は存在するか？
- 2022年打ち上げ予定
- 2030年木星系到着
エウロパ・カリストのフライバイ観測
- 2032年ガニメデ周回軌道
(高度5000 km → 500 km)
- 2033年ミッション終了

- 日本からの機器開発参加は、
JAXAから3機器 RPWI (プラズマ)、PEP (粒子観測)、GALA (レーザ高度計)
NICTから1機器 SWI (サブミリ波分光計)
- 2016年9月 ISASのプリプロジェクトとなった



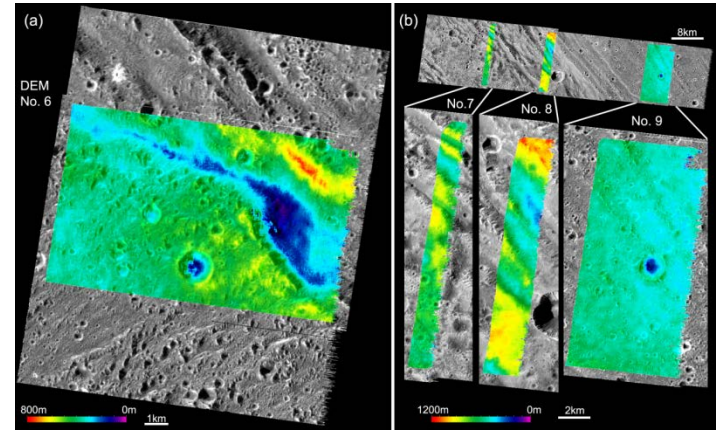
JUICE/GALA

- ガニメデレーザ高度計 (GALA)
- GALA の開発はドイツ、日本、スイス、スペインによる国際協力によって推進。
- 日本チームは後置光学系 (BEO)、焦点面モジュール (FPA)、アナログエレクトロニクスモジュール (AEM) を担当。
- 従来の国際協力の構想では、日本はこれらに加えて受光望遠鏡の開発も担当する予定であったが、その後の状況に合わせた最適化によって、受光望遠鏡はドイツが担当することとなった。
- RISEは、このGALAの開発に参加。



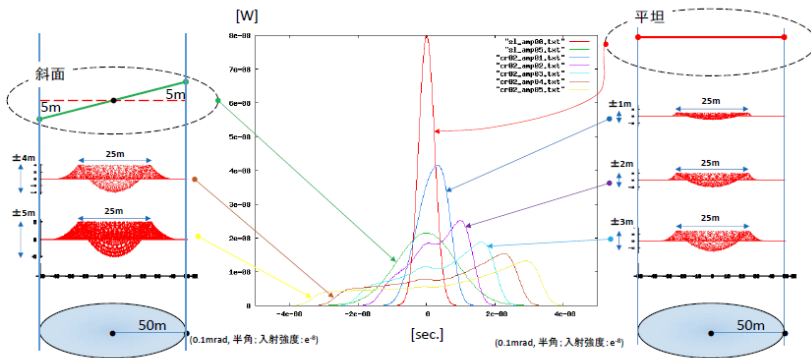
JUICE/GALA

- 回線設計
- リターンパルス強度・波形・ピーク位置シミュレーション
- ガリレオ衛星表面粗度解析
- サイエンス検討
潮汐変形と内部構造との関係

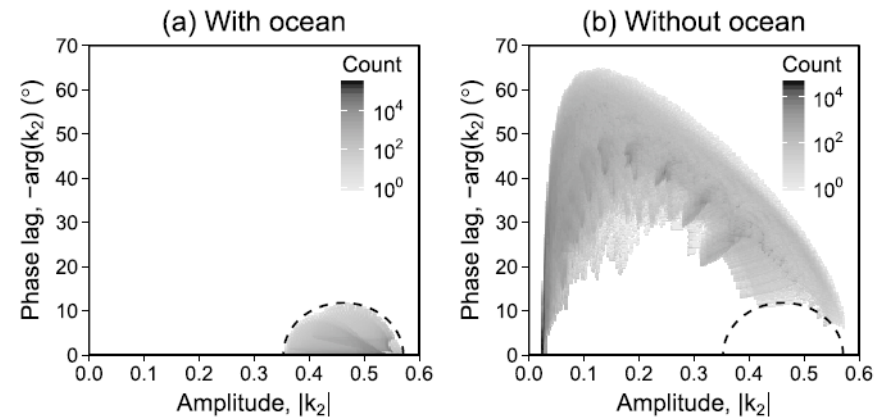


Hirata et al., submitted

平坦面[1]+斜面[1]+球面型クレーター[5]:深さ変更



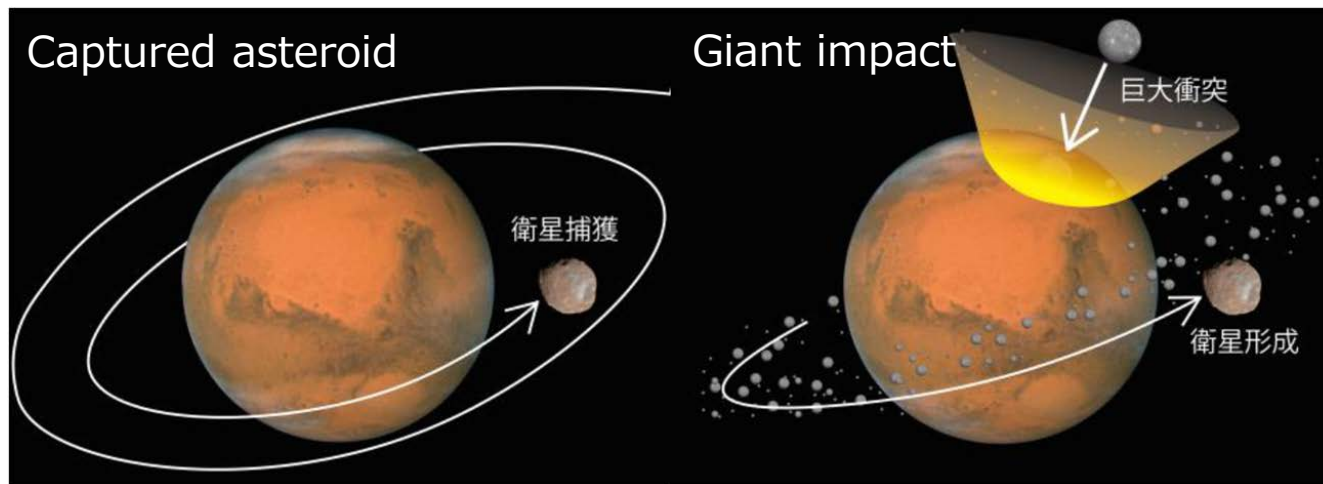
荒木, 2016



Kamata et al., JGR, 2016

Martian Moons eXploration (MMX)

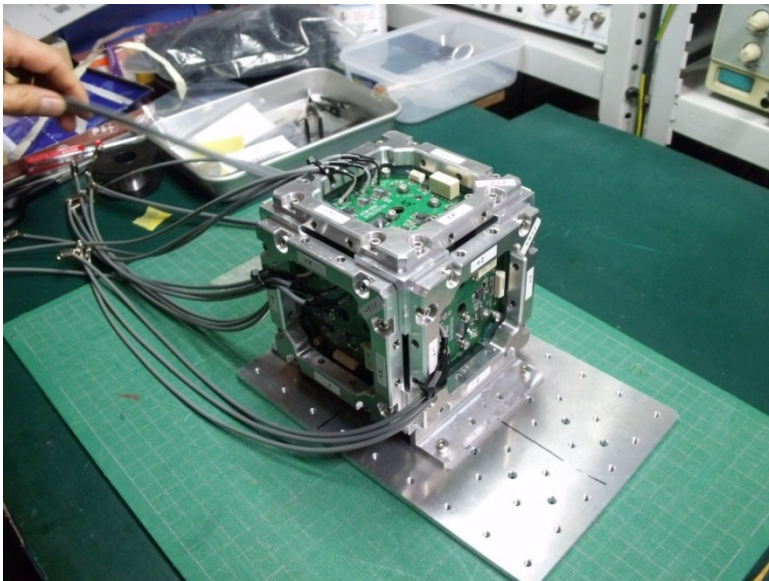
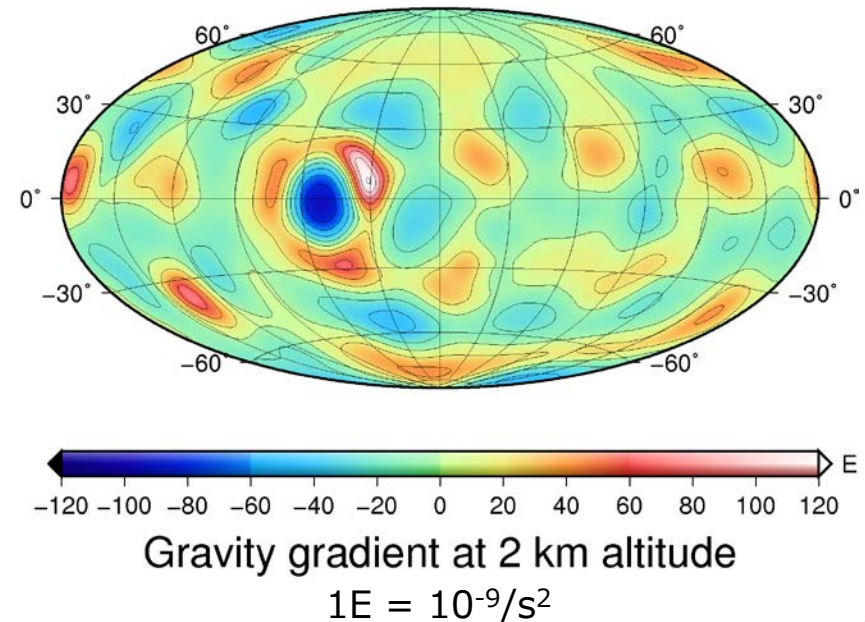
- 火星衛星からの惑星科学
 1. 火星衛星の起源を明らかにして、内外太陽系接続領域における惑星形成と物質輸送の過程に制約を与える
 2. 衛星からの視点で、火星圏変遷の駆動メカニズムを解き明かし、火星圏進化史に新たな知見を与える
- 2024年打ち上げ予定。ミッション期間=5年。3年間火星圏に滞在。
- 現在、ISASプリプロジェクト。2017年度JAXAプリプロジェクト、2018年度プロジェクト移行を目指す。
- Phobos・Deimosのリモセン + Phobosからのサンプルリターン。



Martian Moons eXploration (MMX)

- RISEは初期科学検討から参加。ミッション要求根拠文書の作成、MDR・国際レビュー対応に寄与。
- Phobosの短周期強制ひょう動と低次重力場係数の観測から慣性モーメントを求め、内部構造の不均一の有無を探る。
- 東大・地震研の新谷氏らと共に、表層付近の地下構造や密度の推定に寄与する機器として重力偏差（勾配）計を提案。現状ではオプション機器扱い。

球面調和関数次数>5の地形による重力勾配



研究成果

ペネトレータ用月震計の改良

Yamada, R., T. Nébut, H. Shiraishi, P. Lognonné, N. Kobayashi, S. Tanaka, Frequency band enlargement of the penetrator seismometer and its application to moonquake observation, *Adv. Space Res.*, 56, 341–354, 2015.

月内部構造推定

Matsumoto, K., R. Yamada, F. Kikuchi, S. Kamata, Y. Ishihara, T. Iwata, H. Hanada, S. Sho Sasaki, Internal structure of the Moon inferred from Apollo seismic data and selenodetic data from GRAIL and LLR, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 7351–7358, 2015.

Harada, Y., S. Goossens, K. Matsumoto, J. Yan, J. Ping, H. Noda, J. Haruyama, The deep lunar interior with a low-viscosity zone: Revised constraints from recent geodetic parameters on the tidal response of the Moon, *Icarus*, 276, 96–101, 2016.

LLR反射鏡熱光学試験

Araki H., S. Kashima, H. Noda, H. Kunimori, K. Chiba, H. Mashiko, H. Kato, T. Otsubo, Y. Matsumoto, S. Tsuruta, K. Asari, H. Hanada, S. Yasuda, S. Utsunomiya, H. Takino, Thermo-optical simulation and experiment for the assessment of single, hollow, and large aperture retroreflector for lunar laser ranging, *Earth, Planets and Space*, 68, 2016.

ガニメデの潮汐変形と内部構造との関係

Kamata, S., J. Kimura, K. Matsumoto, F. Nimmo, K. Kuramoto, N. Namiki, Tidal deformation of Ganymede: Sensitivity of Love numbers on the interior structure, *J. Geophys. Res.*, 121, 1362–1375, 2016.

月惑星研究の長期ビジョン

■ 国内外の研究者との意見交換

- 2014/12/24 日本人研究者8名に「共同利用機関としてRISE月惑星探査検討室が果たすべき役割」について意見を述べて頂いた。
 - [RISEメンバー以外の参加者] ○林祥介(神戸大学 教授)、倉本圭(北海道大学 教授、日本惑星科学会 会長)、○山本幸生(JAXA/JSPEC)、○出村裕英(会津大学 准教授)、○荒川雅彦(神戸大学 教授、日本惑星科学会 前将来計画委員長)、○伊藤孝士(国立天文台 助教)
 - [TV会議参加者] ○寺田直樹(東北大学 准教授)、○杉田精司(東京大学 教授、国立天文台 運営委員)、○小林直樹(JAXA/ISAS 助教)
- 2015/7/21 Alexander GUSEV教授 (KFU)
- 2015/9/30 Olivier BARNOUIN教授 (JHU/APL)
- 2015/11/18 天文シミュレーションプロジェクト 小久保英一郎教授
- 2015/11/27 太陽系外惑星探査プロジェクト 田村元秀教授
- 2015/12/14 Hauke Hussmann教授 (DLR)
- 2015/12/21 & 2016/1/26 台内の太陽系内天体の研究者6名
 - 寺居 剛 (ハワイ観測所)、黒田大介 (岡山天体観測所)、高遠徳尚 (ハワイ観測所)、高橋 茂 (野辺山宇宙電波観測所)、伊藤孝士 (天文シミュレーションプロジェクト)、吉田二美 (国際連携室)
- 2016/1/15 Young-Jun CHOI教授 (KASSI) 、 Long XIAO教授 (CUG)

月惑星研究の長期ビジョン

■ 惑星科学小委員会

- 役割：国内外のコミュニティと国立天文台との連携を取り、太陽系科学ロードマップ、および国立天文台が果たすべき役割について審議し、必要な勧告を行う。
- 惑星科学について外部の意見を聞く窓口。小回りの利く小委員会から始める。
- 2016/8/30 第一回開催。
- RISE reviewを行う。勧告に必要な情報を集める。

■ 太陽系科学セミナー

- 太陽系小天体セミナー（渡部）、惑星セミナー（小久保）、RISEセミナー（竝木）の合同。月イチ程度。

まとめ

■ 現行・将来ミッション

- はやぶさ2：レーザ高度計(運用中)
 - 機器開発論文×3、光リンク実験成功
- JUICE：レーザ高度計(開発中)
 - 回線設計、サイエンス検討
- MMX（火星衛星SR）：内部構造探査(検討中)
 - サイエンス検討、重力偏差計提案に協力

■ 月惑星研究の長期ビジョン

- 国内外の研究者と議論中
- 惑星科学小委員会活動開始 → RISE review