



●核融合科学研究会ニュース 44●



平成22年度評議員会・総会



平成22年度特別講演会

CONTENTS

核融合科学研究会の特定非営利活動
法人（NPO）への移行について……………2

核融合科学研究会
平成22年度評議員会・総会
開催される …………… 3

核融合科学研究会
平成22年度特別講演会
「宇宙ロボットの現状と将来展望」
講師 愛知工科大学
ロボットシステム工学科 教授
東京大学宇宙線研究所 客員教授
中谷 一郎 氏 …………… 4



編集後記 …………… 6

核融合科学研究会の特定非営利活動法人 (NPO) への移行について

核融合科学研究会は、本年度半ばより組織形態を特定非営利活動法人（NPO 法人）へ移行することとなりました。本研究会は、核融合科学研究所と産業界の技術交流を図り、国際活動、広報活動を通じて核融合の研究開発に役立つことを目指して、平成元年に設立されました。また、人材養成のため大学院学生の奨学活動にも力を入れ、これまで任意団体として活動して参りました。しかしながら、今後活動を維持していくためには、任意団体という状態を続けていくことが困難な社会情勢になりつつあります。運営委員を始め会員の皆様方と相談致しまして、研究会の活動を社会的に前面に出して活動しやすくするために、本研究会を NPO 法人に衣替えすることとなりました。これにより、種々の活動の主体となって動くことが容易になるメリットがあり、その一例として、奨学活動を前面に出して優秀な学生の獲得に寄与すること等が挙げられます。

NPO 法人へ衣替えをする上での留意事項として、ご支援を頂いている会員の方々の社内手続きの簡便化を考え、現在の研究会の形態をそのまま残しながら NPO 法人への移行を行います。会の名称はそのまま継続し、運営委員会、評議員会、総会等は現在のまま維持して、活動の主体と致します。

去る 5 月 25 日の総会に於きまして、本研究会の NPO 法人化提案を承認して頂きました。現在、所管である岐阜県に登録申請の手続きを行っております。登録後は、現在の研究会の活動と資産は、NPO 法人核融合科学研究会に引き継ぎ、現在の活動を継続することになります。今後とも本研究会の活動につきまして、これまでと同様に会員の皆様のご理解・ご協力を、また至らぬ点についてはご遠慮無くご指摘を賜りますよう、お願い申し上げます。

核融合科学研究会 運営委員長 武藤敬

核融合科学研究会 平成22年度評議員会・総会開催される

核融合科学研究会の平成22年度評議員会・総会が、去る平成22年5月25日（火）、土岐市の核融合科学研究所管理棟4階第一会議室において、藍田正和会長（中部電力株式会社 取締役専務執行役員 技術開発本部長）をはじめとして、会員会社、関係者、顧問をお招きして、26名の出席のもとに開催されました。

まず、藍田正和会長が挨拶を述べられた後、藍田会長のもとに議事が進行されました。

はじめに第1号議案の平成21年度事業報告及び決算報告について、武藤敬運営委員長（核融合科学研究所）より詳細な説明があり、その後、大陽日酸株式会社 宇宙・低温機器統括部 営業部長 岡浩二郎氏より監査結果の報告がなされ、了承されました。事業報告の中で、武藤運営委員長から、例年同様、核融合科学研究会講演会、見学会を開催したこと、研究所主催の国際土岐コンファレンス（平成21年12月8日～11日開催）の支援を実施したこと、また、総合研究大学院大学（総研大）核融合科学専攻の学生に対する奨学金、特別共同利用研究員に対する研究連絡打合せ旅費の援助、総研大「夏の体験入学」事業への支援、核融合科学研究所が実施したオープンキャンパス（平成21年11月14日）にかかる費用の一部に対する助成などを行ったことが報告され、了承されました。

続いて、武藤運営委員長より、第2号議案の説明がありました。第2号議案では、平成22年度事業計画及び収支予算について、例年同様、核融合科学研究会主催の講演会や見学会を企画、実施すること、総研大核融合科学専攻の学生や特別共同利用研究員をサポートしていくこと、核融合科学研究所主催の国際土岐コンファレンスやその他核融合関連の会議を支援すること、核融合科学研究所のオープンキャンパスを昨年同様支援すること等についての提案がなされ、了承されました。

続く第3号議案では、評議員の改選が行われ、会員企

業の異動に伴う評議員の交代等より新評議員案が事務局より提案され、了承されました。その後、会長選出にうつり、平成22年8月より引き続き、中部電力株式会社 取締役専務執行役員 技術開発本部長 藍田正和氏に引き続き会長をお願いすることが満場一致で承認されました。

続く第4号議案では核融合科学研究会の特定非営利活動法人（NPO）化についての提案がなされ、了承されました（NPO法人化については、別掲記事をご参照下さい）。

議事終了後、小森彰夫顧問（核融合科学研究所長）より、研究所の活動状況について説明がありました。大型ヘリカル装置（LHD）を中心に研究所の現況について報告があり、会員の関心は非常に高く、熱心に説明に聞き入っていました。

その後、特別講演会が開催されました。講師には、愛知工科大学 ロボットシステム工学科教授 東京大学宇宙線研究所 客員教授 中谷一郎先生をお迎えし、「宇宙ロボットの現状と将来展望」と題し、宇宙ではどんなロボットが活動しているのだろうか……という切り口から、ロボット技術の現状についてお話頂き、好評を博しました（ご講演内容については、別掲記事をご参照ください）。

特別講演会終了後、総会出席者の他に核融合科学研究所の職員、その他関係者等も集い、懇親会が開催されました。会場にはLHDの研究成果等に関するパネルが展示され、会員が研究所員に質問する等して相互の交流が図られ、盛会のうちに終了しました。



核融合科学研究会 平成22年度特別講演会 「宇宙ロボットの現状と将来展望」

講師 愛知工科大学 ロボットシステム工学科 教授
東京大学宇宙線研究所 客員教授 中谷 一郎 氏

中谷一郎先生は、東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程を修了（工学博士）された後、電電公社電気通信研究所にお勤めになられ、その後、宇宙科学研究所教授、東京大学大学院教授などを歴任されました。現在は、愛知工科大学ロボットシステム工学科教授および東京大学宇宙線研究所客員教授としてご活躍なさっております。一貫して、宇宙における制御の研究に従事され、M-V（ミューファイブ）ロケットの誘導制御系、科学衛星の制御系の開発に携わられました。1980年代より、宇宙ロボットの研究開発に取り組み、小惑星探査機「はやぶさ」に搭載されたホッピングロボット（MINERVA）の開発もご担当されました。

ご講演は、宇宙探査って何だろう？という問いかけから始まりました。

マスコミでは宇宙飛行士のことが大きく取り上げられるが、実はその活動範囲は、近地球に限られている。近地球では、宇宙飛行士が主役でロボットが脇役のように捉えられており、そのような環境での“近地球”ロボットの役割は、人間の宇宙活動の支援が中心で、マニピュレータなどの支援ツールとなっている。ロボットアーム、ランデブ・ドッキングを行うツールなどがその例である。深宇宙では、もちろん人間が活動できる環境ではないのでロボットが主役である。電波の伝播遅れが大きく、地球からの操作が困難であるため、高度の自律性が要求される。惑星探査の発展を振り返ると、フライバイ（惑星付近を通過してそのまま飛び去って行ってしまう）→周回機（惑星を周回）→着陸機（着陸しての直接探査）→ローバ（惑星上を移動して探査）→サンプルリターン（サンプルを地球に持ち帰る）という段階の進展がある。サンプルリターンの例として、この6月に地球帰還が予定されている「はやぶさ」が挙げられる。この進展過程において、着陸しての直接探査の段階で、ロボット屋が登場することとなった。

宇宙探査にロボットが必要な理由（仕分け作業で聞かれそうな質問！）を述べる上で、大別的に有人派か無人派（ロボット派）か、という問いかけから始めることがある。（し

かし、本講演の最後で述べるように、実はこの問いかけ自体意味がない、と考えている。）中谷先生は、宇宙は人間にとって危険な環境、ロボットの方がずっと経済的（食料、水不要、地球帰還しなくてもよい【人間だったら許されない！】、環境への要求がはるかに緩い（真空、高温、低温、放射線など気にしない）、などの理由から、無人派とのことである。また、ロボットは、機能を限れば人間より作業能率がはるかに高く、宇宙服が不要、微小なマイクロマシン作業や巨大な構造物構築も可能であるなどの利点を有する。通常近地球衛星に必要とされる技術、耐振動、耐高低温、耐放射線、耐微小・高重力などに加えて、惑星探査には、高度のAI、探査機の自動操縦、惑星表面の移動、テレサイエンス（マニピュレータの遠隔制御、惑星土壌・岩石など自律的な採取、分析）など、特殊な技術が必要とされる。

日本の宇宙探査の進展をみても。1998年に、火星探査を目的とした“のぞみ”衛星が打ち上げられたが、火星から1000km程の所で電源が故障し、周回軌道に入れることができずフライバイとなってしまい、失敗に終わった。金星大気の運動力学、大気の散逸などの科学目的のために、つい先日打ち上げられたPlanet-C（あかつき）は、順調に金星に向けて航行中である。また、2013年には、欧州宇宙機関（ESA: European Space Agency）との共同プロジェクトとして、水星探査機の打ち上げが予定されている。推進動力源として太陽光線の圧力と電気推進を組み合わせた「太陽電力セールプロジェクト」も進められている。直径50mの薄膜を太陽セールとして、そこで受けた光子圧力を推進力に変換するものである。その予備実験のための「イカロス」が、あかつきに搭載されている。

サンプルリターンとしては、「はやぶさ」の帰還が待たれるところである。試料採取の設計段階から関与したが、様々な課題の解決が必要であった。行ってみないと、惑星表面がどのような状態か（固い？砂状？ポーラス？）わからないため、着陸時の姿勢制御、適応性の高い採取機構を実現する必要がある。着陸時の運動のシミュレーションや地上での実験が重ねられるとともに、採取機構についても、ほうきで掃きとる、ドリルで掘削など、数多くのアイデアが出された。最終的にははやぶさに採用されたのは、ガス銃でかたい金属を表面に向けて射出し、巻き上げられた惑星



表面物質を回収カプセルに取り込んでシールする、という手法である。射出がうまくいかない不具合があったが、着陸時に少しは収集できているのではないかと期待している。どの程度試料収集ができていますか楽しみである。

(追記：本講演後の6月13日に、「はやぶさ」は、打上げから7年を経て地球帰還を果たし、オーストラリアの砂漠でカプセルを回収することに成功したことは耳目に新しいところ。本記事が掲載される頃には、いとかわの試料回収の成否判明、試料分析などに進展がみられていることを期待したいと思います。)

惑星表面で移動を行うホッピングローバもはやぶさに搭載された。中谷先生の研究室の大学院生による、ホイールがローバ内でインパルス的に回ることによって飛ぶことを可能とするアイデアに基づくものである。10⁻⁵~10⁻⁶Gという微小な重力環境下では、脱出速度が非常に小さく、跳躍速度に細心の注意を払う必要がある。このため、無重力実験施設での動作実証も行った。しかし、はやぶさからの切り離しの際に速度が速すぎて、いとかわ表面にうまく落ちなかったため、実地での実証は残念ながらできなかった。

2009年6月に制御落下によってミッションを終了した「かぐや」の後継機として、ローバ(自歩行)を搭載した月面着陸機が検討されている。着陸機としては、4本脚、上面は放熱面、その周囲に太陽電池、側面に搭載されたローバをマニピュレータで降ろす形態のものが検討されている。つい2~3週間前に、JAXAで「月面着陸チャレンジコンテスト」が開催され、中谷先生の研究室からのセミクローラ方式の着陸機が採択された。着陸点として、4地点が候補として挙げられており、理学の研究者たちの議論(クレーターの中? 極?)を待って着陸機の設計が始められる予定である。月面は、レゴリス(「月の石」と呼ばれるもののうち特に細かい砂礫、数cmから数十mの厚さで堆積)で覆われている。このような場所に着陸すると、空気中ではレゴリスが飛散するが、真空中では飛散しない、など、地上と違う環境であることも、着陸脚の設計を行う際に留意する必要がある。また、レゴリス上でのローバ車輪の走行解析シミュレーションや、レゴリスシミュラント(大変高価なので、蒲郡の砂浜での模擬実験も実施)を用い

た斜面走行実験なども行っている。様々な月面形状への適用性を高めるために、左右独立の2輪ずつを前輪軸のみで結合した上、さらに、前輪軸に結合した5つ目の車輪を付加し、走破性を格段に向上させたり(階段も上れる)、6本脚ロボット(脚を動かす順番が大切)を試作したり、などの研究も行われている。

地球からの操作が困難である宇宙ロボットには、高度の自律性が要求されることは冒頭にも述べた。このために、環境認識によるローバ航法の研究が進められている。行動計画(ルート計画、センシング計画)を立案する上で、地形認識、環境マップ構築、環境マップ更新・自己位置推定といった環境理解を、画像取得を通して行う一連のプロセスである。濃淡画像の取得によって岩や窪みを特定し、そこを避けて通る経路計画を立案するシミュレーションも行われている。

一言に宇宙ロボットと言っても、実に様々な種類があり、宇宙ロボットだけを扱った国際会議も開催されているほどである。火星大気を飛行するグライダータイプの飛行機、“もぐら”ロボットなども研究が進んでいる。“もぐら”ロボットは、理学分野からの深部物質採取という強い要望もあって開発が進められているが、まだ実現していない。掘り進むことによって自らの後ろに排出レゴリスがたまり、自らが埋まってしまわないようにするための試行錯誤が行われている段階である。また、生命の痕跡に焦点を当てて火星探査に注力しているNASAによって、K9ローバが火星試料の顕微鏡観察を行う成果を挙げている。地上からターゲットを指定、Visual Trackingによって目標物をロックした後、障害物認識・回避しながら目標物に接近し、目標物に到達後、顕微鏡の場所・姿勢を決定して観察する、という一連のプロセスを経ての観測である。NASAでは、さらに、木星の月(エウロパ)、土星の月(タイタン)探査構想を計画している。エウロパ探査では、表面の氷上への着陸機を通信の中継として活用し、厚さ10kmの水を溶かして底に向かう氷ロボット、氷の200kmの海底を探査する高圧ロボットによる探査を計画している。タイタン探査では、濃い窒素大気中を浮遊して10か所以上の場所に着陸、サンプル採取して観察する計画である。



つい最近、野口聡一、山崎直子両宇宙飛行士の国際宇宙ステーションでのミッション達成が大きなニュースになった。人間（宇宙飛行士）の活躍が大きく取り上げられているが、実は、宇宙では、ロボットと人間は相補的（「ロボット又は人間」ではなく、「ロボットも人間も」）であると認識している（どちらかと言うと、ロボットが主役で、人間は脇役）。宇宙開発はそもそもロボティックミッションで始まったものであるし、太陽系探査は、当面は無人のロボティックミッションでしか実現できない。

このように、ロボットと人間の棲み分けや「ロボットとは何だろう？」という素朴な質問を突き詰めて考えると、人間の進化と宇宙ロボットの進化が融合して新しい生物（シリコン人間）となるのではないかと、この考えが中谷先生から示された。地球上の生物は、かつては全て水中に棲息していたが、水中から陸地へ進出した。空気中での生物の歴史は極く短期間である。人類のDNAに刷り込まれているといってもよいフロンティア拡大への飽くなき欲求が、太陽系外へのフロンティア拡大を目指すとする、人類の次の進化のステップは、真空・無重力環境への適応であるとお考えである。そのような宇宙空間でロボットの進化と融合した「シリコン人間」は、大気は不要、高低温への耐性、エネルギー源は電気、教育はメモリのコピー（秒の

桁ですみ、進化の速度が「有機人間」の10⁷倍）等の特徴を持ち、現在とは全く異なる社会、文明を構築するであろう。宇宙ロボットと人類は、究極的には融合して一つの種族になると考えている、との結言で講演は締めくくられた。

ご講演後には、核融合炉においてもロボットが活躍することになるので、ロボット開発研究に大きな期待をしたい、とのコメントが出されました。また、「シリコン人間」に関する質問に対して、人間の命とは？、人間が生きているとは？、ロボットの生命とは？、といった哲学、倫理、宗教や生命科学などにも波及する議論になるとのお考えが示されました。宇宙へのフロンティア拡大の上で、例えば、火星や木星などでロボットが活動する際に、ロボットの「子孫」を作成する（例：火星工場での自己複製？）ことも簡単にできるようになるのではないかと、このお考えも示されました。

（文責：横山 雅之

核融合科学研究所ヘリカル研究部

核融合理論シミュレーション研究系 准教授、

総合研究大学院大学 物理科学研究科

核融合科学専攻／併任）

編集後記

平素は核融合科学研究会の活動に格別のご高配を賜りまして、ありがとうございます。

平成22年度の会費納入のお願いを送付させて頂きましたところ、早速にお取り計らい下さいまして誠にありがとうございました。会員の皆様には、厳しき経済情勢にもかかわらず、当研究会の活動をご理解頂き、ご支援頂いておりますこと、深く感謝申し上げます。今後も、核融合科学研究会は、核融合科学研究所と会員の皆様の間架け橋になれるような活動をしていきたいと考えております。当会の活動（講演会、見学会等含）に対してご要望、ご意見等ございましたら、お気軽にお寄せ下さい。

今後とも、当研究会ならびに核融合科学研究所への一層のご理解とご支援をよろしくお願い申し上げます。

核融合科学研究会ニュース
第44号（2010年8月）

融 會

編集・発行
核融合科学研究会

〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6

TEL 0572-58-0622 / FAX 0572-58-0626

E-mail : yu-kwai@tcp-ip.or.jp

URL : <http://www.nifs.ac.jp/ynu-kwai/index.html>