

宇宙技術応用の研究

R&D on Space Technology Applications

宇宙先進技術研究グループ 宇宙技術応用サブグループ

Advanced Space Technology Research Group, Space Technology Applications Subgroup

中島厚, 柳沢俊史, 小口美津夫, 大森克徳, 岡本修

Atsushi Nakajima, Toshifumi Yanagisawa, Mitsuo Oguchi, Katsunori Omori and Osamu Okamoto

Abstract

This paper describes the overview of the technology transfer activities in the space technology applications subgroup, ISTA/JAXA. During the space technology developments in the past, variety of intellectual properties and patents were acquired and some of them will be expected to be useful for our daily lives. In this subgroup, the researchers have been deeply developed these technologies and applied for the practical use. 5 theme were studied, i.e. (1)Telemedicine project, (2)Robotics, (3)Reutilization technology of organic waste material, (4) Industrial Aquaculture and (5)Moving objects detection software.

1. はじめに

宇宙開発では多額の投資により最先端の技術開発が進められ、その多くは知的財産として蓄積されており、これらの中には我々の生活に役立つ技術あるいはその発展型として様々な分野への転用が可能な技術も多数含まれている。JAXA 総合技術研究本部、宇宙先進技術研究グループ宇宙技術応用サブグループでは、これらの技術を積極的に民生に移管するために、外部資金などの競争的資金を獲得して技術研究開発を実施している。具体的には平成 16 年度は以下の 5 分野において実用化に結びつく研究開発を進めた。(1)遠隔医療、(2)ロボット、(3)有機廃棄物処理、(4)水産養殖工場及び(5)移動天体検出ソフト。

2. 研究の概要

様々の異なった課題を一つのサブグループで集結することにより、実用化に対する共通的な手法を取り入れて効率的な開発を進めることができる。平成 16 年度に宇宙技術応用サブグループで進めた 5 課題は以下の通り。

(1) 高度衛星・通信技術を医療に応用するための研究開発

平成 12 年度から 3 年間、科学技術振興調整費により、JAXA(旧航空宇宙技術研究所)が東海大学総合医学研究所他 6 機関と共同で進めてきた課題で、救急車で搬送される患者の動画像等の情報を、準天頂衛星経由で救急医療センターに送信し、医師の的確な指示の下、病院前救護体制を確立して早期治療を実施し、救命率の向上や後遺障害の軽減を図る目的で、技術実証実験を実施した。平成 16 年度には、次世代の準天頂衛星の必要性を検討する、「陸上移動体等から高速データ通信を目指した衛星システムに関する検討委員会」を、JAXA 総研本部、NICT(独)情報通信研究機構)準天頂衛星グループ及び東海大学総合医学研究所と共同で立ち上げた。

(2) 新型関節とそれを用いたオフセット多関節ロボットの開発研究

平成 14 年度から 2 年間、技術移転推進課題として資金を獲得し、オフセット多関節ロボットを作業用ロボットアーム、福祉医療機器への応用等を目指し、小型化、汎用化開発を行ってきた。平成 16 年度では、歯科治療用としてレーザー治療器具の支持用多関節アームを試作した。

(3) ハイプロシステムによる有機廃棄物の再資源化技術

JAXA では、長期有人宇宙活動を実現するために、再生循環型生命維持システムの研究開発を実施しているが、この中で、有機廃棄物処理については、有機廃棄物や高濃度廃水が無公害的かつ迅速に処理し、再利用できるかの基礎研究を精力的に行ってきた。その結果、平成 11 年にその成果を特許として取得し、研究成果を産業界に技術移転するために実用化研究を開始した。平成 15 年度から 2 年間、技術移転推進課題として資金を獲得し、ハイプロ実証機の試作・改良を行なった。

(4) 水産養殖工場を実現する工業型養殖技術の研究

NEDO 資金により、平成 14 年度から 3 年間研究を進めている。カセット容器で個別飼育を行う際、容器が小さいほど高密度で飼育でき、大量生産が可能になる。しかし、容器の大きさが魚の成長にどのような影響を与えるのか知見が無い。そこで飼育スペースの魚体成長に及ぼす影響を調べる実験を行い、カセット容器の適切な大きさ及び形状を検討した。平成 16 年度はその最終年度として、システム全体の評価を行なった。

(5) 移動天体検出ソフト

より小さな宇宙デブリを観測するために、多数の画像を重ね合わせ処理することにより、S/N を改善するとともにデブリを自動検出する技術を開発している。この重ね合わせ法を応用して、小惑星や彗星等、画像中、恒星に対して移動する天体を自動的に検出する技術で、多数の画像を用いることにより従来の方法では検出不可能な暗い天体の検出を可能にした。平成 14 年度から 3 年間、技術移転推進課題として資金を獲得し、ソフトウェアの開発を行い、平成 16 年度に商品化に成功した。

3. 成果の概要⁽¹⁾

3. 1 高度衛星・通信技術を医療に応用するための研究開発

科学技術振興調整費で試作した実験用救急車を、国内外の展示場で展示(韓国における ITU Telecom Asia 等)し、救急搬送中の画像を送信することにより、患者の救命率向上に寄与できるシステムであること並びに基本的な技術開発が進められていることをアピールした。本システムを実現するためには、移動体からの見通し通信が可能な準天頂衛星が必要になるが、どのような機能が衛星に必要なか等について検討するために、「陸上移動体等から高速データ通信を目指した衛星システムに関する検討委員会」開催の準備を進め、平成 16 年度から活動を開始した。主な検討課題として、ITU を取り巻く環境、現在の救急搬送における課題、準天頂衛星システムを使ったミッション、衛星システムとその関連動向であり、平成 17 年度前期を目処に報告書を作成する予定。

3. 2 多関節ロボット⁽²⁾

オフセット多関節ロボットは、(1)関節が中空なので配管、配線を内蔵でき、外部に露出しない、(2)回転軸がアーム軸に対して傾斜しているので関節機構が小型になる、(3)大きな減速ギヤを内蔵できるので可搬力が大きく軽量で高出力である、(4)シールが容易である等の特徴を有している。平成 16 年度では、平成 15 年度に試作した歯科治療用レーザービーム支持用多関節ロボット(図 1)を改良し、剛性を高め

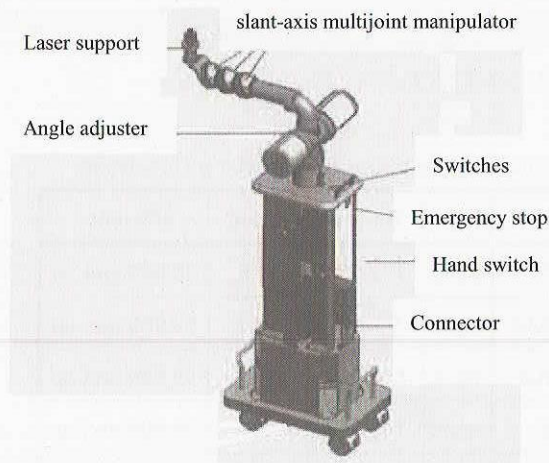


Fig.1 Laser beam support arm

ると共に、照射パターン(図 2)とそれに伴う照射エネルギー密度解析を行った。本装置は、人間の真近で作業するロボットであるため、操作音が小さく、人に優しいイメージが重要である。歯科大学における評価試験を行なってより実用化に向けた開発を進める予定である。

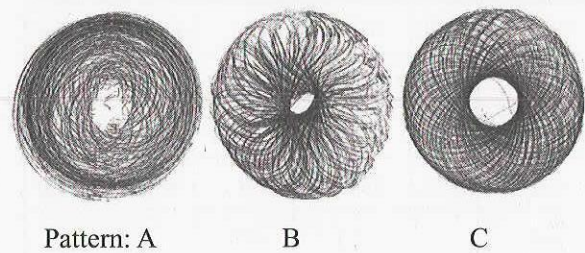


Fig.2 Irradiation patterns

3. 3 ハイプロシステムによる有機廃棄物の再資源化技術

再資源化システムでは、有機廃棄物処理システムをハイプロシステム(以下 HPS)と称している。HPS の実用化に当たり、最大の技術課題は連続処理のための原料供給ポンプ(高压スラリーポンプ)の開発である。HPS の分解炉は約 9 MPa の内圧を保っているため、ここに大気圧状態からスラリー状の原料を送り込む必要があるが、民間の有する技術を応用することによりポンプ開発の目処がついた。HPS の基本構成と諸元を表 1 に示す。

有機廃棄物の代表格である食品廃棄物や家畜糞尿については、「食品リサイクル法」や「家畜排せつ物法」が制定されており、有機廃棄物の再利用が謳われているが、これらの法律による有機廃棄物の有効利用あるいは再生利用の手法は、主として、たい肥化や飼料化である。しかし、肥料成分や品質が不安定、重金属や有害物質含有等の問題も残されている。

平成 16 年度は、図 3 に示す実証機を用いて、有機廃棄物として食品廃棄物(焼酎カス)、家畜糞尿(鶏糞)の処理を行ない、その分解結果を表 2 及び表 3 に示す。①連続処

Table 1 Specification of Hypro-system

Components	Specification
High pressure slurry pump	Viscosity : 100k cps Outlet pressure : 10 MPa Flow rate : 0.35 L/min
Decomposed & Catalytic reactors	Temperature : 280 deg C Pressure : 10 MPa Capacity : 0.5 ~ 100 tons/day Initial COD(Cr) : 100k ppm Efficiency : 95 % and up
Others	Heat exchanger, Disposer, Gas-liquid separator, Safety devices, Controllers



Fig.3 General view of experimental facility

理運転が可能であることが実証できた。②固形物を含む高濃度有機廃棄物の分解を前処理なしで行えた。③CODCr 値での評価では、99%以上の分解率を得ることができた。これらの結果をふまえて、製品化一号機として焼酎カス処理装置の製造・納入が17年度に予定されている。

Table 2 Results of decomposed Shochu-waste

Item	Unit	Before	After	Efficiency
BOD	mg/L	70,000	10	99.99% and up
CODMn	mg/L	100,000	75	99.99% and up
CODCr	mg/L	300,000	400	99.99% and up
SS	mg/L	38,000	2	99.99% and up
pH		3.9	5.5	
T-N	mg/L	8,400	45	
T-P	mg/L	750	0.3	

Table 3 Results of decomposed Hen-waste

Item	Unit	Before	After	Efficiency
BOD	mg/L	122,000	17.6	99.99% and up
CODMn	mg/L	90,700	19.7	99.98% and up
CODCr	mg/L	810,000	51	99.99% and up
SS	mg/L	141,000	3	99.99% and up
pH		38.3	2.8	
T-N	mg/L	14,500	42.4	
T-P	mg/L	12,400	1.11	

3. 4 水産養殖工場を実現する工業型養殖技術の研究③

水産養殖工場とは、水産養殖を自然環境から切り離し、外部環境から独立した制御環境の下で、水産物を効率的に生産するシステムのことであり、水質汚染物質を排出することなく安全な魚介類の大量生産を可能にするものである。本水産養殖工場で用いられる養殖技法は個別飼育、閉鎖循環式飼育、制御(人工)環境飼育を前提としたものであり、従来の粗放的養殖では念頭にすら置かれなかったパラメーターによる生長制御が行われる。例えば非24時間型明暗周期や人工飼育水の調整(ミネラル組成、浸透圧)による制御がそれである。平成16年度は、数種の人工飼育水を作成し、それを用いたティラピア飼育試験により成長等に関する評価を行った。ティラピアは体が小さいほど塩濃度耐性が低く、体積が少なければ溶存イオンの影響を受けやすいと考えられ、環境水の塩組成に最も影響を受けやすいと推定される仔魚期に焦点を絞って飼育実験を行った。図4は実験装置、図5は生残率の変化を示す。9種の飼育水 AAW(Artificial Aquaculture Waters)-1~AAW-9)について行なった。AAW-1は血漿に近い組成、

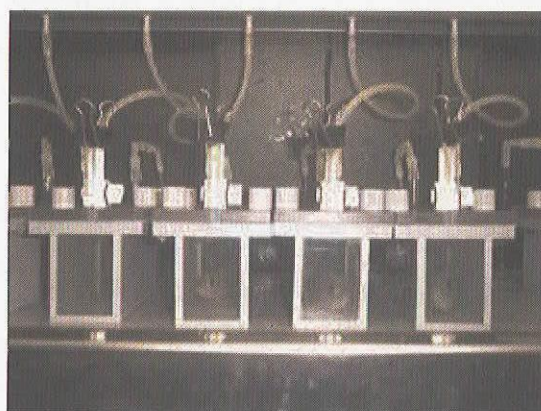


Fig.4 Individualized aquaculture facility

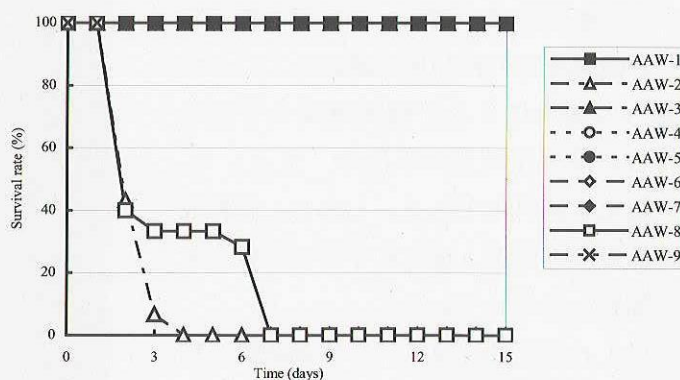


Fig.5 Survival rates of tilapia fry raised in an AAW

AAW-9 は擬似水道水である。塩濃度が高く、かつ K^+ 濃度が水道水と同程度である AAW-2 および 8 の試験区では、飼育開始 1 日後より斃死が発生し、AAW-2 試験区では 4 日目、AAW-8 試験区では 7 日目に全滅した。一方、 K^+ 濃度が AAW-2 および 8 と同じでも塩濃度が低い AAW-9 区では斃死は起こらなかった。詳細については現在解析中であるが、塩濃度変化に対する適応コストの観点から、最適な養殖戦略の構築が必要となるであろう。一つの答えとしては、種苗生産は淡水で、肥育は塩類を調整した人工飼育水で行うことが望ましいといえる。従って養殖魚は塩濃度変化への適応を経験することになり、どの成長段階で人工飼育水に移すのが適応コストを最小にし、成長促進効果を最大にするのかを求めることが重要である。

3. 5 移動天体検出ソフト⁽⁴⁾

多数の画像を取得し、重ね合わせを行うことによって S/N を改善し、微小なデブリを検出する手法について研究を行ってきたが、本手法を小惑星や彗星といった、恒星と異なる動きをする移動天体の検出にも効果的であることから、移動天体を自動的に検出するソフトの開発を行った。本ソフトは、多数の画像を重ね合わせることにより、1 枚の画像では検出が困難な、非常に暗い移動天体も検出可能であることが大きな特徴である。これまでの移動天体の検出方法は、2~3 枚の画像を比較して恒星の間を移動している天体を探索するというものであったが、本ソフトは、数 10 枚から数 100 枚の CCD 画像に対し、その移動量を仮定した処理を行うことにより、これまでの移動天体検出法では達成できなかった暗い移動天体の検出が可能になる。美星スペースガードセンターや入笠山天体観測所で取得される CCD 画像を利用して本ソフトの有効性が確かめられた。

本ソフトを実用化するために、平成 14 年度の技術移転推進課題として採択され、平成 16 年度までの 3 年間で開発を進めてきた。平成 15 年度にはプロトタイプ版が完成し、デバッグ作業を行って、平成 16 年 6 月に商品化され、民間企業より販売されている(商品名はステラハンター・プロフェッショナル。動作環境は Windows 98SE/Me/2000/XP)。

本ソフトによる解析手順は以下の通り。

- ① 移動天体に必要な各種設定
- ② CCD ノイズや周辺減光を修正
- ③ 観測画像の視野のズレの補正
- ④ 観測画像のスカイの明るさを揃える
- ⑤ 移動しない天体の除去
- ⑥ 移動天体の探索
- ⑦ 背景の天体と比較し検出した移動天体の座標測定
- ⑧ 2~5 夜の探索結果から同じ移動天体を同定し、移動天体の軌道を決定
- ⑨ 星図表示ソフトに検出した天体の表示

図 6~図 8 にプログラム画面の例を示す。取得した

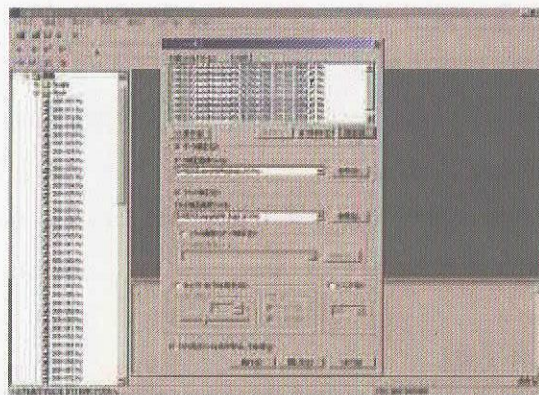


Fig.6 Image capture process

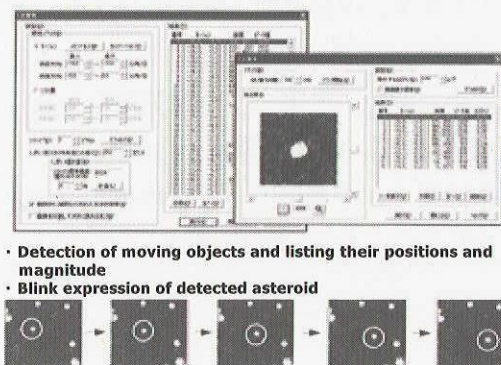


Fig.7 Detection results

fts データ等の CCD 画像(解析画像、フラット、ダーク等)はファイルに読み込まれ、補正後、新たな画像データとしてファイルに蓄えられる。図 7 は 1 回の連続撮影による画像から得られた検出結果である。重ね合わせた小惑星画像が表示され、その星像かを確認し、更に取得枚数に応じた連続ブリンク表示を行うことができるため、誤検出を防ぐことができる。但し限界等級に達する場合(JAXA の入笠山光学観測所では、口径 35cm の望遠鏡に、裏面照射型 CCD カメラを取り付けて画像を取得。検出限界は約 21 等級。)、重ね合わせ画像で検出されても、

必ずしもブリンク画面では確認できない場合がある。その場合は、2 夜以上の観測データから、十分な精度で推定軌道が一致する場合のみ、誤検出で無いことが推察される。今後は検出の確実性を高める方策が必要になる。図 8 は得られた結果を星図に表示したもので、小惑星センターからのデータと比較して、既知の小惑星か未知かを判別することが可能となる。

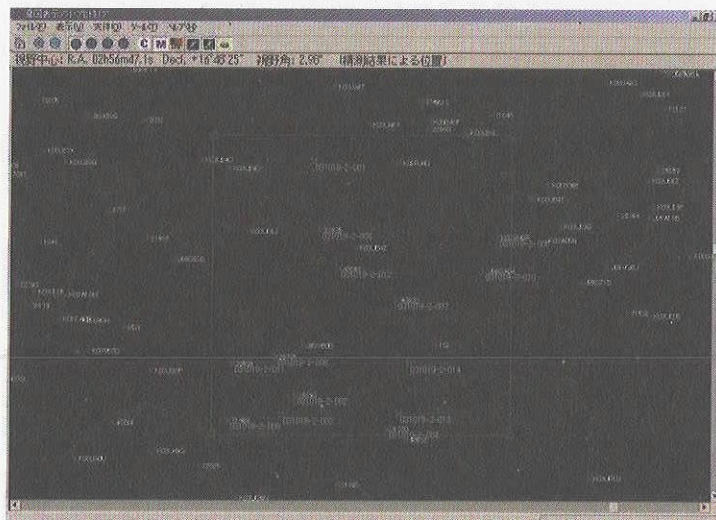


Fig.8 Detection asteroids expression

4. まとめ

宇宙技術応用サブグループでは、JAXA が所有する知的財産を活用して、実用化を目指した研究開発を行っている。平成 16 年度は、5 課題について研究を進め、彗星・小惑星等を検出するソフトについては商品化に成功している。また、ハイプロシステムについても実証機の改良・評価を進めており、平成 17 年度以降の早期の実用化が見込まれている。その他の課題についても、試作・評価を行なって、その実用化開発を進めている。

[参考文献]

- [1] 中島厚他: 宇宙技術の技術移転研究開発、第 48 回宇宙科学技術連合講演会講演集 2D11、福井、2004 年 10 月。
- [2] 小園凱夫、中島厚他: 低反応レベルレーザー治療用ロボットの開発、第 44 回日本歯科理工学会学術講演会、京都、2004 年 9 月。
- [3] 大森克徳他: 宇宙での水産養殖を目指した魚類個別飼育の試み、第 48 回宇宙科学技術連合講演会講演集 2B12、福井、2004 年 10 月。
- [4] 柳沢俊史、中島厚: 移動天体検出ソフトの実用化開発、第 2 回 JAXA 総研本部公開研究発表会、未来科学館、2004 年 12 月。