

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, 吉原正一, 河本聡美, 星野健, 小口美津夫, 大森克徳, 藤原勉, 木皿且人, 岡本修
Atsushi Nakajima, Toshifumi Yanagisawa, Shouichi Yoshihara, Satomi Kawamoto, Takeshi Hoshino,
Mitsuo Oguchi, Katsunori Omori, Tsutomu Fujiwara, Katsuto Kisara 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. 6 theme were studied, i.e. (1)Telemedicine project, (2)Robotics, (3)Functionally graded materials, (4) Reutilization technology of organic waste material, (5) Industrial Aquaculture and (6)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。具体的には現在、以下の6分野において実用化に結びつく研究開発が進められている。(1)遠隔医療、(2)ロボット、(3)傾斜機能材、(4)有機廃棄物処理、(5)水産養殖工場及び(6)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。宇宙技術応用サブグループで進めている6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。これらの成果を踏まえ、試作した実験用救急車の展示やデモによりその必要性をPRするとともに、ETS-VIII等の衛星を用いた画像伝送実験棟を計画している。

(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。レーザー治療器具の支持装置としての実用化も進められ、医療現場での実証実験を行っている。

(3) 傾斜機能材

傾斜機能材料を安価な遠心分離法による製造技術を開発し、耐熱タイルといった本来の目的の他に、IH 発熱体としての応用開発を行った。窯業技術センターとの共同により、陶磁器への組み込みにより、IH 加熱が可能になり、傾斜機能材の特性である、温度変化による歪みの影響を除去できる特徴を持つ。平成 14 年度の技術移転推進課題として開発資金を獲得。

(4) 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を無公害かつ迅速に処理し、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、1999 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。本技術を一般社会に応用すると、家庭や食品産業界、畜産業界等から出る生ゴミや食品残滓、し尿、家畜糞尿等の有機廃棄物を水資源とエネルギー資源として再利用することができ、環境問題への対応に貢献できる。本技術は、有機廃棄物を圧力と触媒によって水と炭酸ガスに分解する「有機廃棄物の無機水分化技術」、廃水を浄化する「高度水処理技術」と炭酸ガスからメタンガスを作る「炭酸ガス還元技術」から構成される。本システムは、従来の処理手法が持っている問題点を克服し、有機廃棄物の形状に依存せずに、100%近い分解が無公害的に短時間でできるため、他の処理方法に比較して極めて優位性がある。しかも、水の再利用と炭酸ガスからのエネルギー生産がなされるため、製品化を希望する業種範囲も広く、市場性は極めて大きい。

(5) 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。

(6) 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 15 年度にはほぼ実用化の目処がたった。

3. 成果の概要

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^{1],[2]}

システム概要を図 1 に示す。衛星追尾機能並びに送信すべき医療機器を搭載した救急車から、画像圧縮された患者様態は他の医療情報と共に、X 或いは Ku バンドで常に見通し通信が可能な準天頂衛星を経由して医療センターに送信される。実験用救急車の試作、画像圧縮・多重化技術、衛星追尾装置、準

天頂衛星システム検討等、多分野の技術開発を実施した。平成15年度においては、準天頂軌道の解析、国際シンポジウム等における展示を進めた。

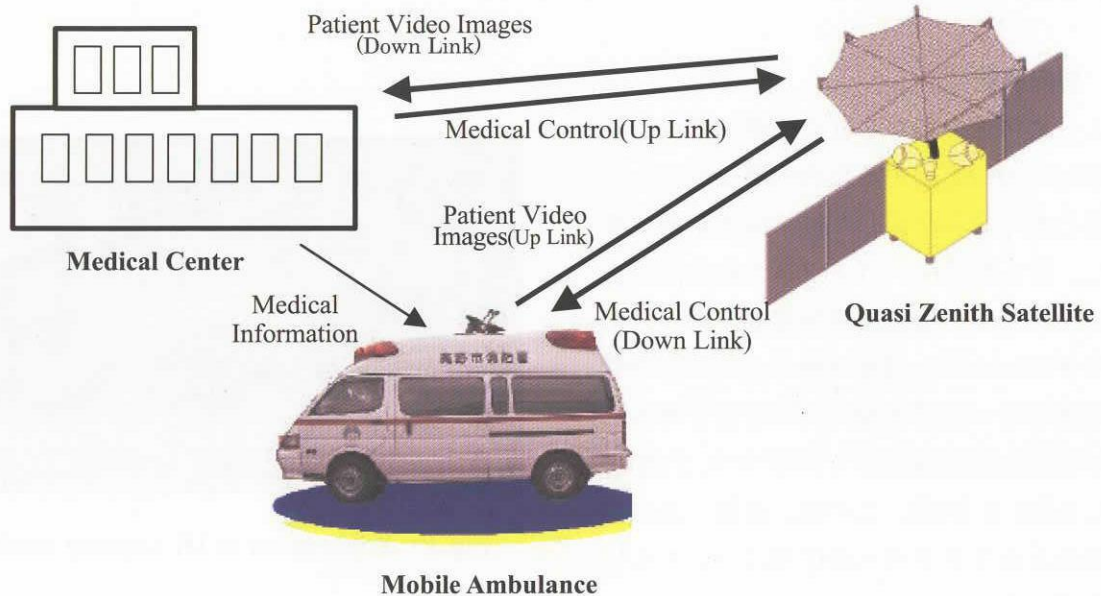


Fig.1 Project overview of the patient video data transmission from ambulance

3. 2 多関節ロボット

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15年度には、2つの回転関節からなる回転修正関節モジュールを試作し(図2参照)、回転運動を直線運動等に変換できる制御則を取り入れた。図2に示すように関節部を球状にすることにより、人に優しいロボットアームの実現が期待できることから、福祉医療機器への応用が考えられ、具体的にはレーザービーム支持用マニピュレータの試作を行った。これは人間の手で行っていたレーザービーム照射等を本ロボットアームに行わせることにより、最適な軌跡を描かせることが可能となり、治療効果が上がることが期待される。現在、利用機関で評価試験を行っており、その実用化が目前である。

今年度はこの他、ロボットアームのコンフィグレーション設計に必要なアームの運動解析ソフトウェアの研究及び冗長自由度を有する多関節ロボットアームの逆キネマティクス解法の一般化を行い[3]、図3に示す洋々なアーム手先の直線運動を実現した[4]。

オフセット多関節ロボットは、力が強く、細長い形状の口



Fig.2 Rotation cancelled joint unit



Fig.3 Interplated linear motion by solving inverse kinematics

ポットアームを実現することが出来る。細長いアームは人間の傍で動いても、人に恐怖感を感じさせないため、今後は、人間とロボットが共存可能で、人に優しく安全なロボットの実現や、セル生産方式等での人と協調作業が可能なロボットへの展開を目指す。

3. 3 傾斜機能材

セラミックスと金属からなる傾斜機能材を発熱体モジュールに応用するための開発を行っている。遠心力で傾斜組成した後、液体窒素で凍結乾燥し、常圧焼結或いはプラズマ焼結法により製造し、民生品の陶磁器産業現場で用いられているセラミックスと、IH 加熱用金属で組成傾斜した底部をもつ傾斜機能材料の概念を導入したオール電化住宅用陶器(ティーポット、土鍋等)を試作した(図 4 参照)。この他、高温、高圧、耐腐食性のあるリアクタへの応用についても検討を進めている。



Fig.4 Application to IH heating module

3. 4 ハイプロシステムによる有機廃棄物の再資源化技術

「無機水分化技術」の基本原理は、固形有機廃棄物を粉碎・微細化し、廃水など水分と混合してスラリー状態にし、ポンプで連続的に密閉型分解炉に圧送し、酸素雰囲気の下で、温度「250~300℃」・圧力「6.86~8.83MPa (70~90kgf/cm²)」の条件下で触媒を使用して、短時間で無機栄養塩類を含む水溶液と炭酸ガスに完全分解する湿式酸化法である。動物の糞を使った基礎研究では、99%以上の高分解率を達成した。

有機廃棄物の分解でできた生成水は、水溶液中に含まれる金属成分や無機栄養塩類を吸着する吸着剤と、使用目的に応じた水質レベルの水を生産する超低压逆浸透膜を用いた「高度水処理技術」によって生活用水などの「水資源」として、また、炭酸ガスは再生型の吸着剤で濃縮分離し、水素還元によりメタンガスに変換する「炭酸ガス還元技術」によって、炭酸ガスを「エネルギー源」として再利用できるシステムである。

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(高圧スラリーポンプ)の開発である。HPSの分解炉は約9MPa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立った。HPSの基本構成と諸元を表1に示す。

Table 1 Specification of Hypro-system

Components	Specification
High pressure slurry pump	Viscosity : 100k c p s Life expectancy : 10k hours Outlet pressure : 10 MPa
Decomposed & Catalitic reactors	Temperature : 280 deg C Pressure : 9 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

民生で使用するためには、初期コストだけではなくランニングコストを以下に低くできるかが重要である。ハイプロシステムの検証のために、15年度は、有機廃棄物の処理量が一日500kg程度の実証機を

試作した。図5及び図6に試作した実証機を示す。16年度はこの実証機を用いて、市場性の高い各種廃棄物に対応する設備投資経費、処理条件、分解効率、ランニングコスト等のデータベースを構築する実証実験を進める計画である。

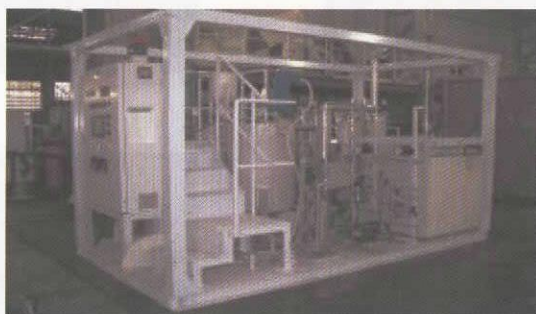


Fig.5 General view of experimental facility



Fig.6 Detail view of reactors

3. 5 水産養殖工場を実現する工業型養殖技術の研究

約4.5gのティラピア *O. niloticus* を供試魚とし、飼育スペースの幅20~40mm、奥行き50mm、高さ50mmの5種類の個別水槽を用いて、3回の飼育実験を行った。同時に65Lガラス製水槽を用い、試験区と同量の水と同数の供試魚を用いて集団飼育を行った。飼育開始時及び終了時の体長、体重及び実験終了時の生残率を表2に示す。個別飼育区では20mm槽区が顕著に成長が劣った他は、各区に顕著な差は見られなかった。25mm槽区では供試魚の胸鰭は常に側壁と接しており、水槽の幅に対する体幅の比率は0.496と非常に大きかったが、他の区と成長に差はなかった。このことからティラピアは体幅の倍程度の小さな水槽でも、正常な個別飼育が可能であることが明らかとなった。また、どの試行においても個別飼育区は集団飼育区より成長が劣ったが、これは個別飼育区では魚の行動が制限されるため、給餌ロスが起き易いためと考えられる。今後、給餌法の改善を行い、飼育実験を継続する予定。

Table 2 Average values of initial and final body length and weight of the fish breeding separately

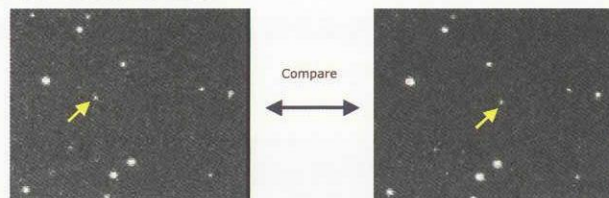
Width of aquaria	40mm	35mm	30mm	25mm	20mm	Groupbreeding
Trial 1						
Initial body length(cm)	53.06±1.63	53.86±1.21	53.29±2.05	54.68±1.79	53.53±1.73	53.22±1.62
Final body length(cm)	67.3±4.05	67.41±0.19	67.29±3.48	65.35±2.82	60.83±2.47	72.34±3.02
Initial body weight(g)	4.77±0.4	4.92±0.41	4.80±0.58	4.96±0.47	4.72±0.44	4.63±0.44
Final body weight(g)	9.89±1.7	10.11±0.02	10.10±1.47	9.30±1.11	7.48±0.93	11.96±1.59
Final survival rate(%)	100.00	50.00	100.00	66.67	50.00	96.67
Trial 2						
Initial body length(cm)	52.35±1.08	52.09±1.02	51.76±0.89	52.18±1.13	51.26±1.01	51.58±1.20
Final body length(cm)	67.00±2.31	66.64±3.78	64.70±2.98	66.63±3.01	63.44±4.57	70.07±4.64
Initial body weight(g)	4.48±0.08	4.41±0.12	4.32±0.19	4.54±0.24	4.44±0.11	4.45±0.18
Final body weight(g)	10.18±0.99	9.89±1.89	9.49±1.27	10.16±1.10	8.96±1.77	11.92±2.24
Final survival rate(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00
Trial 3						
Initial body length(cm)	52.13±2.09	52.03±2.11	52.80±1.92	52.98±1.54	52.10±1.45	52.59±1.52
Final body length(cm)	66.96±6.00	68.57±1.49	68.03±3.73	66.95±2.45	64.30±2.20	73.77±4.09
Initial body weight(g)	4.52±0.40	4.46±0.39	4.56±0.35	4.55±0.36	4.36±0.38	4.42±0.32
Final body weight(g)	10.29±2.70	10.77±0.91	10.75±1.91	10.08±1.21	9.23±0.93	12.68±0.75
Final survival rate(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.00

3. 6 移動天体検出ソフト

重ね合わせ法による画像処理技術を小惑星や彗星の検出に応用するために、汎用性のある Windows 版ソフトの開発を行った。本手法の特徴は、図7の比較からもわかるように、従来のブリンク法では、1枚の画像で検出できる対象に対しては、画像を比較して検出することができるが、ノイズレベルのより暗い天体の検出は不可能である。重ね合わせ法では、1枚の画像で検出不可能な暗い対象に対しても数十枚の画像を重ね合わせることにより検出が可能になる。本手法により、口径35cmの望遠鏡で、従来では不可能であった約21等級の暗い小惑星を発見することができた。平成15年度までに既に40個の未知小惑星の検出に成功している。

図8は実用化されたソフトの画面の一部である。一連のプロセスにより小惑星の候補が検出され、2晩以上の観測から仮符号が付与される。今後、モザイク CCD カメラにも対応可能なソフトの開発を進める予定。

Conventional Method(Blink)



Stacking Method

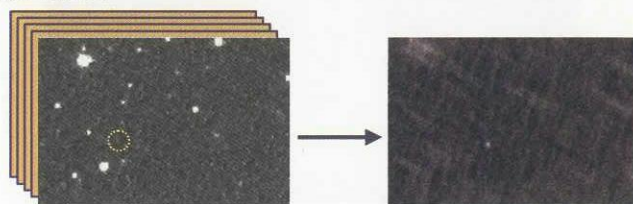


Fig.7 Comparison of asteroid detection methods

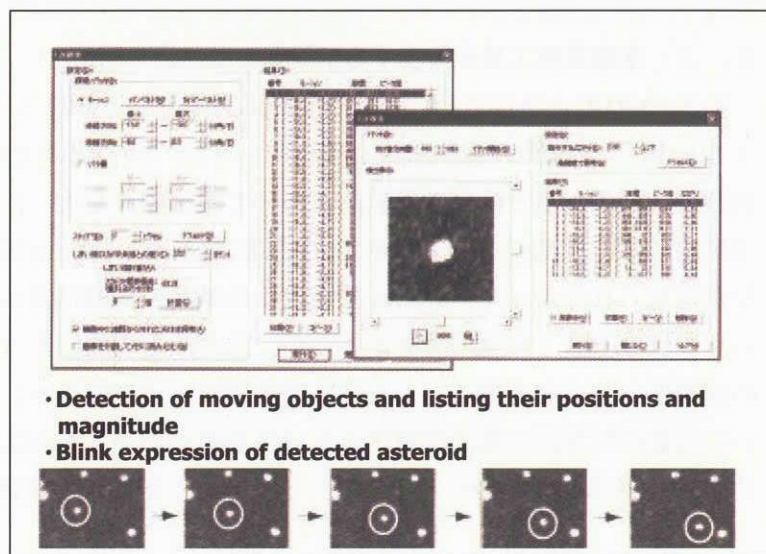


Fig.8 Example function of the software

4. まとめ

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。今後、実施許諾契約を進め、製品化へと進む予定であり、平成16年度には2件の契約が締結される予定である。

[参考文献]

- [1] 中島他：救急車からの動画伝送プロジェクト概要、第46回宇宙科学技術連合講演会、2002年10月
- [2] 中島他：準天頂衛星を利用した遠隔医療ミッション、第47回宇宙科学技術連合講演会、2003年11月
- [3] 狼, 岡本, 柴田”多関節マニピュレータの逆キネマティクス計算用汎用アルゴリズム“、第44回自動制御連合講演会 424、2001
- [4] 岡本, 狼, 多和田, “冗長自由度ロボットの制御とシミュレーション”、日本機械学会 2004年度年次大会

他