



CONTENTS

- う 操 縦 盤
- **2** マリアナ海溝への挑戦
～水深11,000m級無人探査機「ABISMO」の開発～
 - **6** 次世代AUVのための慣性航法装置とマニピュレータ
～自律性の向上に向けて～
 - **13** 軽量で高強度な海洋機器用構造部材の開発
～マグネシウム合金の海洋利用への挑戦～
 - **14** 雲の振舞いを正確に予測したい
～超水滴法～

二次ケーブル張力 (kg)

一次ケーブル線速 (m/min)

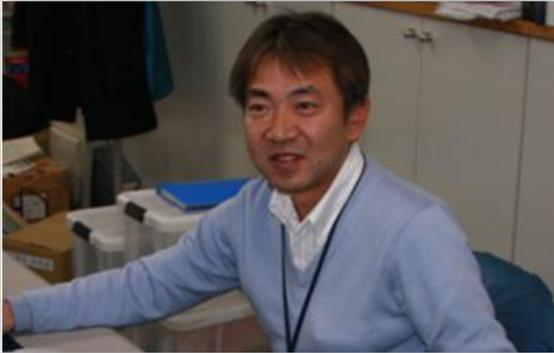
ピッチ角 (度)

油圧圧力

マリアナ海溝への挑戦

～水深11,000m級無人探査機「ABISMO」の開発～

MARITEC

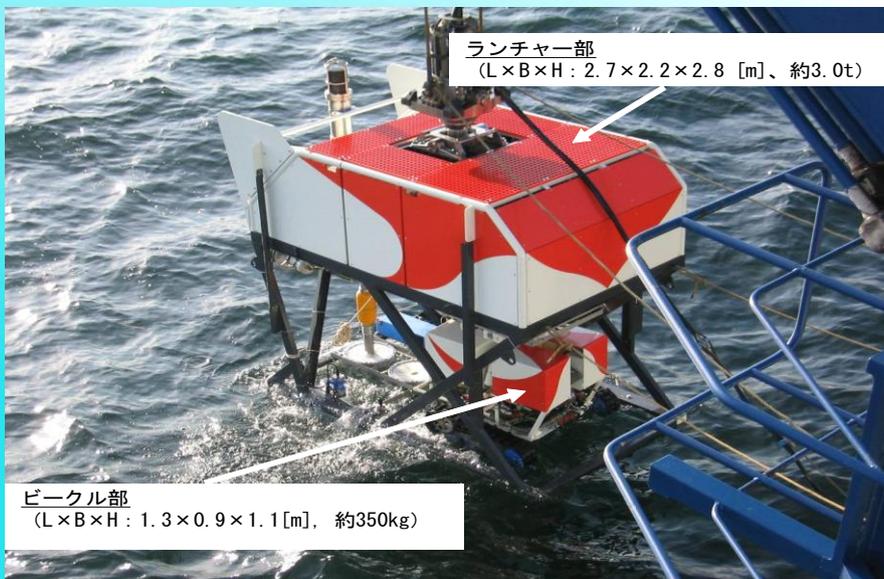


Profile

大澤 弘敬 (おおさわ ひろゆき)
海洋工学センター
高性能無人探査機技術研究グループ
サブリーダー
学位：1996年博士（工学）日本大学
趣味：飲むこと

【チームABISMO誕生】

2007年12月9日、大深度小型無人機「ABISMO」(Automatic Bottom Inspection and Sampling Mobile) *1が伊豆小笠原海溝において日本のEEZの中でもとりわけ深い9,707mまでの深度の潜航に成功しました。この潜航試験の結果により世界に現存する無人機で最も深く潜行できる11,000m級無人機「ABISMO」が誕生しました。「ABISMO」は設計から建造までJAMSTEC内で行った自主開発機で、主に海洋工学センターの先端技術研究プログラムがこれまでに実施してきた無人機開発の技術的知見を結集した独自の成果です。もちろん開発にはプログラム内で培われた技術継承が重要な部分を占めています。このように「ABISMO」が自主開発できたのは“チームABISMO”の存在が無ければ成し得なかった事です。それでは、“チームABISMO”とは？ ということになりますが、無人機の開発には総合的な技術が必要になります。



*1「ABISMO」は、ランチャーならびにブイクルから構成される水深11,000mまでの耐圧性能を有している大深度小型無人機です。ランチャーは、海面から深海まで潜航する間および深海から海面に浮上する間、ブイクルと採泥器を内部に収納して保持し、一次ケーブルを介して母船船上の装置とブイクルの間の中継器としての機能を有しています。また、ランチャーから重力式採泥器を投下することによって、海底堆積物の採取をすることが出来ます。深海でブイクルは全長160mの二次ケーブルでランチャーと繋がれており、ランチャーから離脱し、ランチャーの下を航走しながら搭載されたTVカメラによって海底面の調査を行うことが可能です。

例えば、電気工学であったり材料力学や制御工学、構造力学、流体力学等の要素技術を結集し具現化したものが無人機としての形になるわけです。“チームABISMO”とはプログラム内の研究グループを横断して各分野の専門の研究者を「マリアナ海溝への挑戦～世界最深部まで潜航可能な無人機の開発！～」との合言葉により組織された「ABISMO」開発のプロジェクトチームです。無人機の研究開発を行っている技術研究者にとって世界最深部、マリアナ海溝への挑戦という言葉は誰もが一度は夢見た言葉であります。

それが夢の実現へとつながっていく開発ということで、個々の技術研究者の開発意欲の高揚が各要素技術間の人的インターフェースを強固にし、相互の協力により幾度とあった困難を克服した結果だと思えます。また、本年度より開始された国家基幹技術「次世代深海探査技術」でも要素技術が主な開発テーマとなります。“チームABISMO”の誕生は「ABISMO」開発で得られた有益な個々の要素技術の開発体験を今後の国家基幹技術に活かす事のできる目に見えない貴重な成果、「匠の技術」ならぬ「匠の成果」と言えるのではないのでしょうか。

【新しい要素技術の採用】

「ABISMO」はいろいろな場面での活用が期待されています。その一つが新しい要素技術を実海域で評価するための試験機としての活用です。そのため「ABISMO」には従来の無人機の要素技術の他、JAMSTECで開発中の新しい二つの要素技術の試作品の一部を試験的に採用しています。この背景には、これから開発される国家基幹技術「次世代深海探査技術」の要素技術の性能の試験機としての活用も視野に入れ、新しい要素技術の一部を試験的に採用することを検討しました。「ABISMO」に試験的に装着した一つ目の新しい要素技術は11,000m級高強度浮力材です。11,000m級高強度浮力材は旧「かいこう」で開発されましたが、その後の主材料の製造中止等により、世界の最深部で実用に供せるような高強度の浮力材は現存していません。そこで、JAMSTECでは浮力を得るための高強度の中空ガラスバルーンと強度を出すための高強度樹脂を新たに開発した後、11,000m級高強度浮力材をいろいろな条件で試作し、その一部を実海域での評価のため「ABISMO」に試験的に装着しました。また、二つ目の新しい要素技術は高強度軽量ケーブルです。



「ABISMO」に装着された高強度軽量ケーブル試作品の一部



チームABISMOによる開発風景

高強度軽量ケーブルは母船とランチャー、ランチャーとビークルの電力供給、通信・制御用に用いると共に無人機の命綱となるものです。このケーブルも浮力材同様、大水深になれば軽量でなおかつ高水圧や繰り返し疲労に耐えられるような構造の高強度のケーブルが必要になります。JAMSTECで開発した新しい高強度軽量ケーブルは、ケーブルの強度メンバーに新開発の高強度軽量繊維を採用することにより、従来の同様のケーブルに対して飛躍的な疲労強度の向上をもたらしました。

その新開発の繊維を用いて試作したケーブルを「ABISMO」に試験的に装着しました。この他、推進装置にクローラーシステム、船上制御装置として操作性の高い制御システムなど新しい技術的な試みもなされています。このように、「ABISMO」はこれから開発が始まる次世代の深海探査機の要素技術のための試験機としての準備も進めています。



「ABISMO」に装着された高強度浮力材試作品の一部とクローラーシステム

【不運な海域試験】

「ABISMO」が伊豆小笠原海溝において第三回目の海域実験で水深9,707mの潜航に至るまでの道のりは非常に険しいものでありました。とりわけ実際のフィールドでの海域試験が十分にできませんでした。

第一回目の海域試験は、潜航深度1,200mまでの試験を目標にし、相模湾で行われました。「ABISMO」が建造されてから初めての海域試験ですが、あいにく台風並みの低気圧が相模湾に接近したため試験海域を初島の裏側に移し、潜航深度400mまでの試験しかできませんでした。その後波が高くなったためやむをえず第一回目の試験は中止となりました。引き続き第二

回目の海域試験は潜航深度8,000mまでの試験を目標にし、伊豆小笠原海溝にて行われました。しかし第二回目の海域試験も台風9号が日本列島に接近したため、試験海域をまた相模湾に移し、目標の潜航深度8,000mに対して1,115mと当初の目標に対してかけ離れた結果となってしまいました。ここまで二回の海域試験の延べ試験日数は6日で最大潜航深度1,115mにもかかわらず次回、第三回目の海域試験はマリアナ海溝に臨まなければならなくなりま



「ABISMO」の船上制御装置



「ABISMO」が伊豆小笠原海溝において水深9,707m潜航後の「チームABISMO」

した。潜航深度1,115mからいきなり10,000m級ですが、「チームABISMO」とさらに「かいこう」運航で最深部までの潜航経験の豊富な「かいこうチーム」の協力を得て「ABISMO」の綿密な整備を行い、マリアナ海溝の試験に臨みました。第三回のマリアナ海溝での海域試験でも、マリアナ海溝の近海に熱帯低気圧が発生したため、試験海域をマリアナ海溝に代えて日本のEEZの中で一番水深の深い約9,800m海域に移動し、試験を行うことを余儀なくされました。実施された海域試験は3回とも台風などの悪天候に見舞われ、マリアナ海溝での潜航はできませんでしたが、結果的にはランチャーから投下した重力式採泥器により水深約9,760mでの海底堆積物の採取に

成功し、「ABISMO」の水深10,000m級での基本性能が確認できたことは今後の開発に繋がる大きな収穫でした。

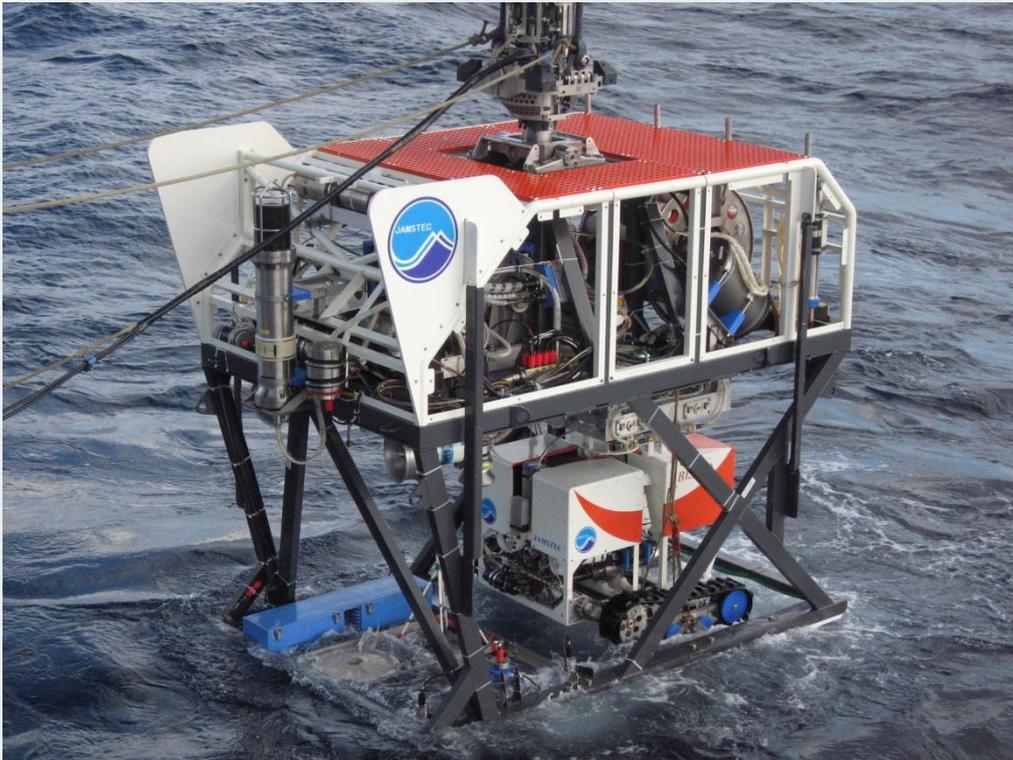
しかし、ランチャーとビークルの切り離し試験ができなかったことは次回の海域試験に残された課題です。

「ABISMO」が伊豆小笠原海溝において水深9,707m潜航直前の表示コンソール盤



【進化するABISMO】

「ABISMO」は自由度の高い無人機としてこれから色々な活用方策を検討していくことを考えています。その一つが国家基幹技術の要素技術の評価のための試験機としての活用であり、またJAMSTECの観測の空白域である水深7,000m以深における観測調査、海底堆積物の採取等、「ABISMO」を一歩一歩進化させる開発を行うことが、今後の海洋技術の知見の蓄積、継承へと繋がり、さらにはフロンティアである海洋研究への貢献に繋がるものと信じます。



「ABISMO」伊豆小笠原海溝において水深9,707m潜航後の揚収



“チームABISMO” 水深9,707m潜航達成記念撮影

次世代AUVのための 慣性航法装置とマニピュレータ

～自律性の向上に向けて～



MARITEC

海洋研究において、海中探査機による海洋調査は大きな意義を持っています。現在JAMSTECで所有している海中探査機は有人型と無人型に分けられ、さらに無人型は、ケーブルを通して人が遠隔操作するROV (Remotely Operated Vehicle)と呼ばれるものと、自律的に航行するAUV (Autonomous Underwater Vehicle)に大別されます。

どの種類の探査機にもそれぞれ長所と短所がありますが、今回は無人で自律的に航行するAUVの研究をされている石橋正二郎研究員の研究内容を取り上げます。

Profile

石橋 正二郎 (いしばし しょうじろう)
 海洋工学センター
 巡航探査機技術研究グループ
 技術研究副主任
 学位：2003年博士（工学）東京商船大学
 趣味：すねること

ボクはこの
マニピュレータが
大好物なんだ…

じゃあ、
その熱い思いを
語っちゃってください！



AUVは無人であるため過酷な環境に長時間耐えることが出来るという長所があります。また、ROVのようにケーブルと繋がっていないため、長距離の移動も得意とします。しかし、無人かつ海中であるがゆえに自己位置の把握が難しいという欠点があります。

深海は電波が届かないため、海中を移動するAUVはGPSなどを用いて正確な自己位置を把握することが出来ません。そのため、外界に頼らず自分で位置を把握する能力を備える必要があります。

★ 海中探査機の種類

JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

有人型		無人型
人が操縦する		自分で考える
SHINKAI 2000	HYPER DOLPHIN	MR-XI
SHINKAI 6500	KAIKO 7000	URASHIMA

★ AUVとは

JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

since 2000
Autonomous Underwater Vehicle
URASHIMA

無 索
無 人
自 律 機 能

- 目的の航路上を航行する
- 目的の場所にて観測を実施する
- 長距離・広範囲 → 長時間での自律航行

通常、巡航型のAUVは慣性航法装置(以下INS)により、自己位置を把握する機能を持っています。INSは航空機などで悪天候時や電波妨害時のための補助的な機器としても用いられており、ジャイロと加速度計の内界センサによって自己位置を算出します。



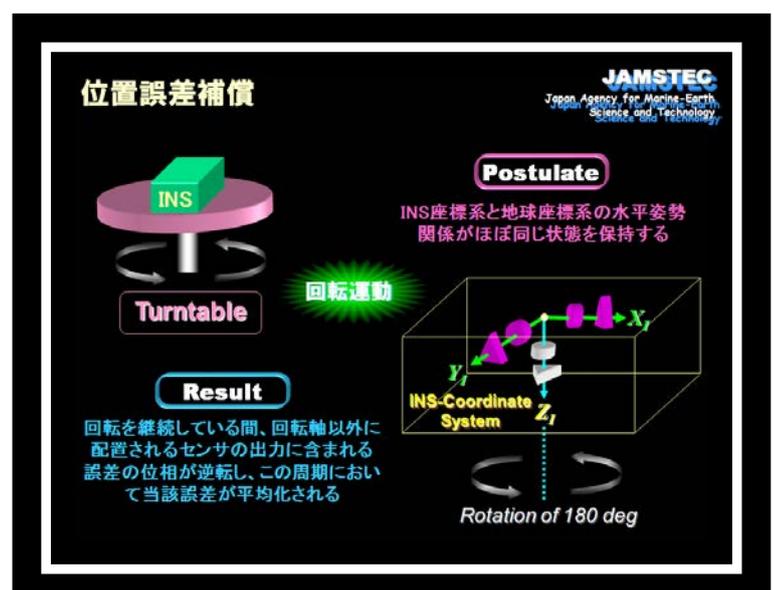
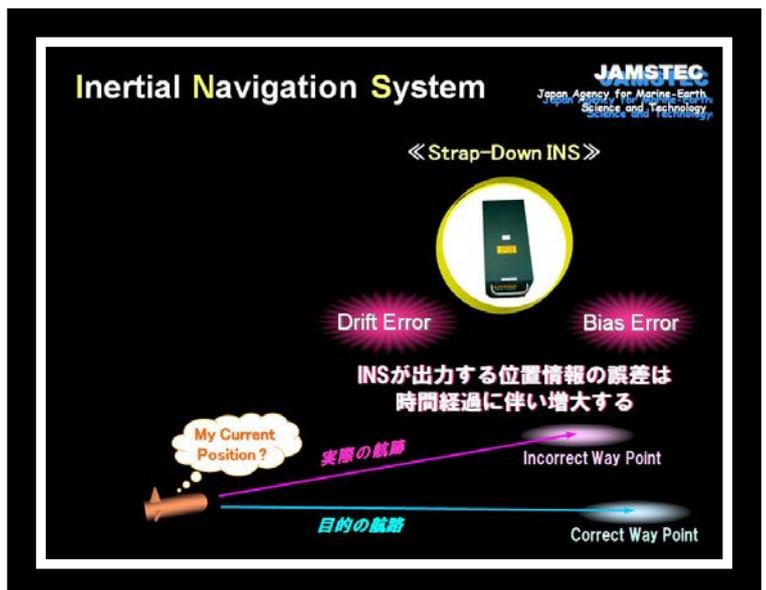
しかし、INSのみで長時間にわたって正確な自己位置を把握するのは困難で、INSは時間の経過に伴い誤差が増大するという欠点を持っています。そのため通常使用する際には他の外界センサと組み合わせて使われます。

誤差の原因は様々ですが、主なものはINSのセンサ自体が持っているドリフト・バイアス誤差です。これが原因となりINSの誤差が時間経過に伴い増加し、正確な位置把握を難しくします。

石橋研究員は、近年主流となっているストラップダウン方式のINS(センサ部が移動体に固定設置されるもの)を回転台に乗せ特定の回転運動を与えることによって、誤差を時系列的に軽減させる方式を考案しました。

INSを回転台に乗せ回転を与えることでセンサ誤差の位相を逆転させます。そのことによって、センサの持つランダムな誤差が本来のセンサ出力と分離され、精度が向上するわけです。

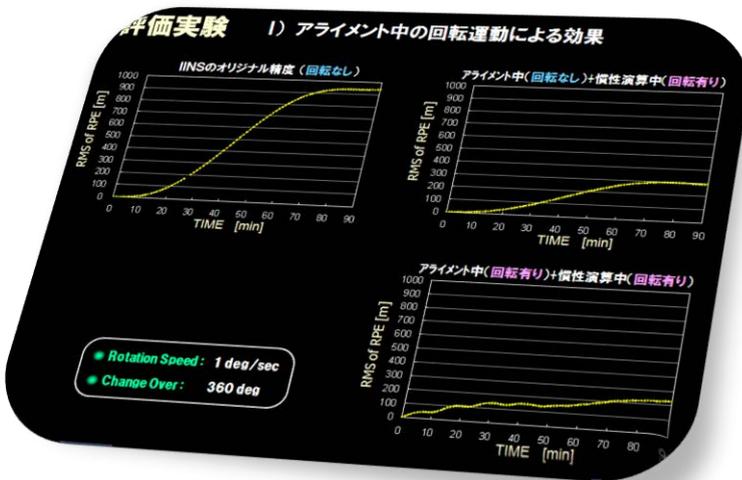
ただし、この方法は、AUVがほぼ水平で移動するということを前提としています。巡航型AUVが海流の影響をあまり受けることのない深度で航行する場合、その動揺はわずかであり、周期も非常に長いものです。



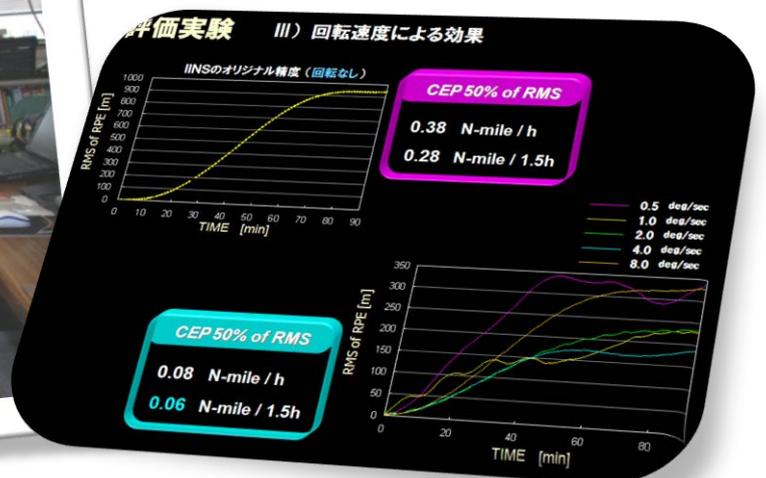
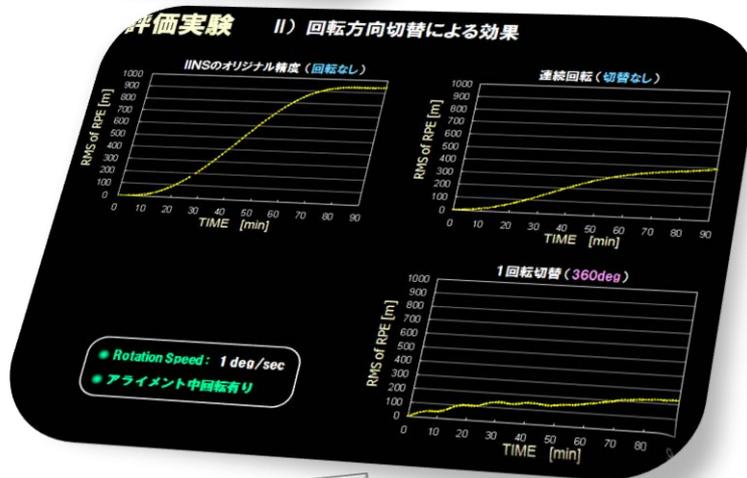
ところで、回転を与えることで誤差を軽減するという方法は従来からあったのですが、石橋研究員は主に以下の条件によって回転を与えることで、精度がより一層向上することを実証しました。

- 1) 定速かつ低速回転
- 2) 誤差の位相が逆転する周期における回転方向の切り換え
- 3) アライメント演算中+慣性航法演算中の回転

1)により回転軸上にある慣性センサへの遠心加速度の影響を抑制することが出来ます。また、単位時間当たりのセンサ検出値に依存するスケールファクタ誤差の影響も抑制されます。2)は、回転による内界センサのスケールファクタ誤差の蓄積を抑制する効果があります。3)では初期整定時の初期演算精度を向上させることが出来ます。



研究室の回転台に乗ったINS



単純にINSを回転させているだけでは、探査機本体の姿勢が分からなくなってしまうのでは？探査機が運動すると前述の回転を正しく与えられないのでは？という疑問を抱かれる方もいらっしゃるかもしれませんが、もちろんそのことについてもきちんと考えられています。

INSを回転させているときの回転角度とINSが出力する姿勢角情報を使って座標変換を行うと、INSが回転していても探査機本体の姿勢を計算することができます。また、探査機の運動に関係なくINSが出力する方位角速度が定速となるよう回転台を制御し、さらにその際INSが出力する方位角の積算変化量が誤差の位相が逆転する周期において反転させれば、探査機が運動した場合でも前述の回転を与えていることになります。

前半では、INSの精度向上についてご紹介しましたが、後半では石橋研究員がより力を入れて研究されているマニピュレータについてご紹介します。



石橋研究員の一番のテーマは自律化です。いかに人間の出来ることをロボットに還元させられるか。このテーマは陸上分野でも盛んに研究されていますが、石橋研究員には、さらに加えて“海中環境下”というテーマがあります。陸上では簡単なことも、海中では想像以上に困難になります。

冒頭で紹介したROVでは、人が船上からモニタを通じて目で見て、手で操縦桿を使ってマニピュレータを動かします。しかし石橋研究員が目指すのは無人のAUVでの自律的なマニピュレータ作業です。

無人であり電波も届かない環境のため、マニピュレータが自律的に判断して動く必要があります。

海中探査機に求められる作業の中には、泥や生物の採取、生物の撮影などがあります。泥を筒状の容器に入れる採泥作業は、陸上で人間が行えば非常に簡単ですが、海中となると人間が遠隔操作するROVでも難しい作業です。ROV自体の揺れと操縦士の乗る船の揺れは異なり、画面の視野も非常に狭いものです。また、操縦桿の動きが全てマニピュレータに影響してしまいます。そのため、作業の質は操縦士の熟練した技術に委ねられているのが現状です。

そこで石橋研究員は、まずROVにおいてマニピュレータがこれらの作業を自律的に行うことを可能とする手法に取り組みました。比較的、単純で簡単な作業においては、マニピュレータが自律性を持つことで、熟練した技術に依存することなく、研究者などの操作初心者でもROVを使用して海中作業を行うことが出来るようになります。これが実現され、このマニピュレータを搭載したAUVが開発されれば、最終的目標であるAUVを使用した海中作業も実現されます。



研究目的

マニピュレータの自律機能

- 繰り返し動作を伴う作業
- 障害・遮蔽物環境での作業
- 双腕協調での作業
- 長時間作業

Remotely Operated Vehicle

マニピュレータ オペレータ

研究目的

マニピュレータの自律機能

動作計画

- マニピュレータ先端を作業を行う位置・姿勢に到達させる動作
- マニピュレータ全体が障害物に接触しない動作
- 無人機探査機本体への影響を考慮した動作

まず主な課題は障害物回避です。人間が目で見れば、障害物を回避するための動きを考え、実行することは簡単ですが、それをプログラムで考えさせるとなると工夫が必要です。

石橋研究員は、冗長関節を持つマニピュレータの作業空間である3次元の空間を、細かく分割したキューブ(立方体)の集積として表すことを考え出しました。これは位置の概念を有限なものとしてとらえ、作業空間内の位置関係を明確にすることを狙っています。

動作計画

作業空間の定義

Work Space

動作計画

姿勢計画

姿勢候補の生成

Genetic Algorithm

Change value of each joint

$\Delta\theta_1$	$\Delta\theta_2$	$\Delta\theta_3$	$\Delta\theta_4$...	$\Delta\theta_q$
------------------	------------------	------------------	------------------	-----	------------------

Genotype : GTYPE

+6.5	+9.0	-8.5	-3.0	+26	+0.5	-15.0
------	------	------	------	-----	------	-------

Phenotype : PTYPE

< Tip Position >	< Tip Posture >
X:50 Y:-35 Z: 50	y:50 p:-35 r: 50

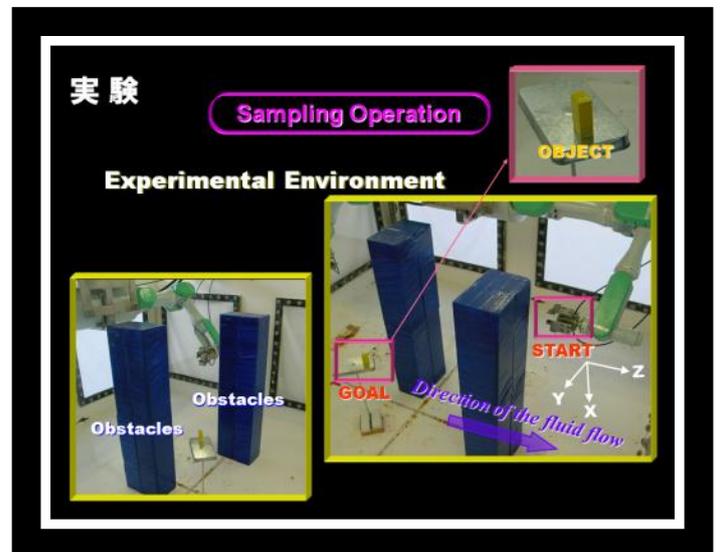
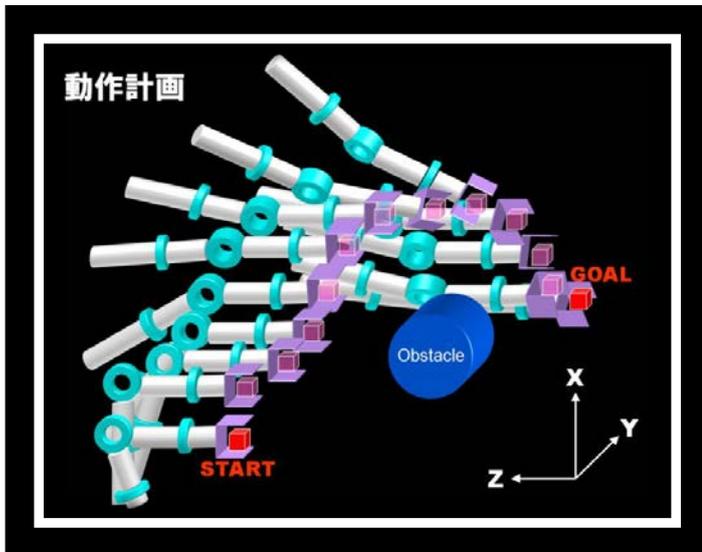
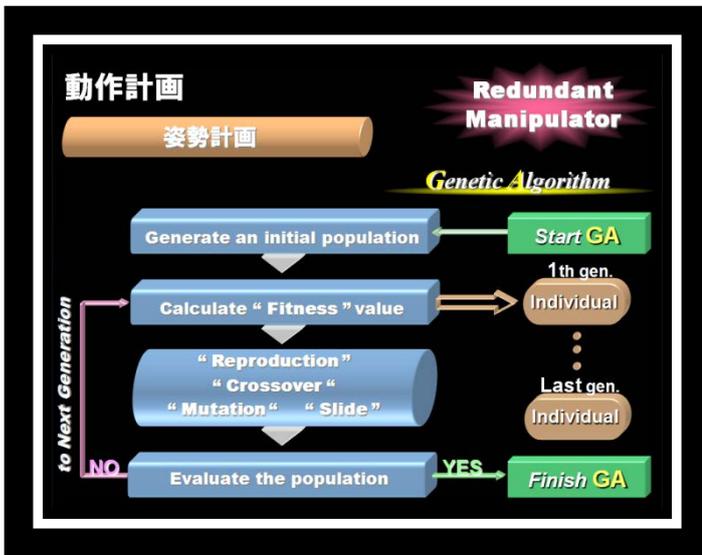
マニピュレータ先端の軌道計画や障害物をキューブの概念で演算し、マニピュレータの姿勢を確定します。しかし、その際計算でマニピュレータの姿勢を導き出すことは難しく、その姿勢候補も数限りなくあるため、最適な姿勢を選択することは非常に困難です。そこで、石橋研究員は遺伝アルゴリズムを用いることを考案しました。

遺伝アルゴリズムとは、一言でいえば準最適な解の探索をするアルゴリズムです。“準最適な解の探索“というのは無限にある解の候補から可能性の高い候補を選択し、無限の対象を効率よく絞る作業をすることです。

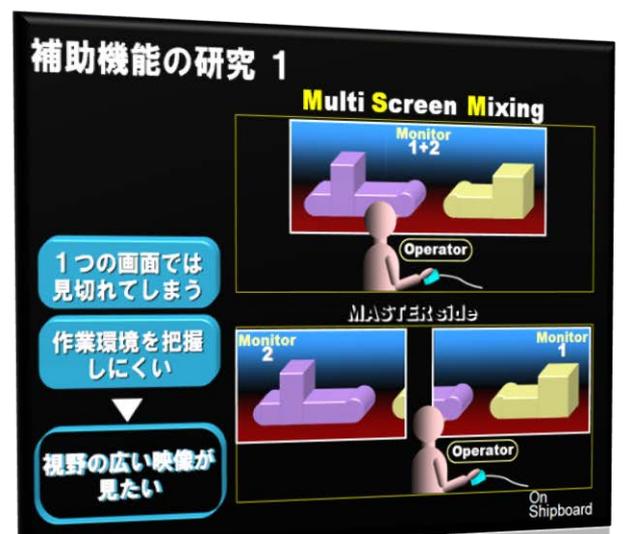
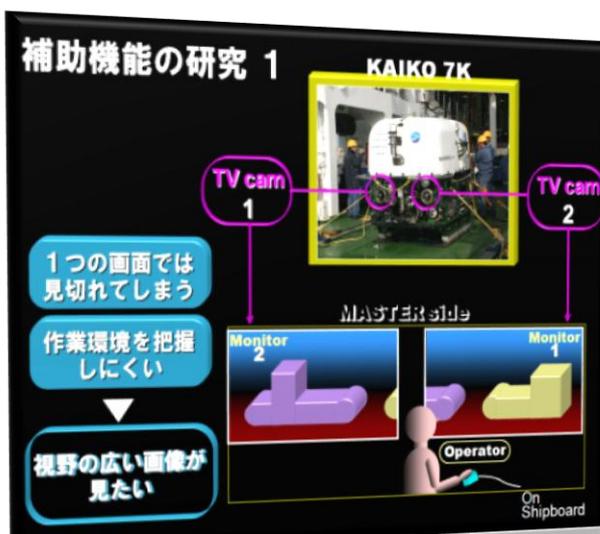
姿勢候補の生成に遺伝アルゴリズムを用いることで、複雑で解を導き出すのが難しい連立方程式を用いることなく冗長関節をもつマニピュレータの姿勢候補の中から海中動作に適した姿勢を順次決定します。 ➡

また、このような計画において、作業空間すべてを一度に選択範囲とすることも実用的ではないため、石橋研究員は選択範囲を作業空間内の各平面に制限して順次その平面を切替えていくことにより、更なる効率化を図りました。

この手法を用いて実験を行った結果、目的物までの最短経路を考慮しつつ、障害物との衝突危険度が低い姿勢候補が選ばれていくことが分かりました。また、冗長軸を効果的に利用し、動作変化の少ない姿勢候補をうまく決定していることも分かりました。さらには、その姿勢候補を決定するときに流体力が少なくなるよう評価しているため、海中環境にも適した動作となっており、非常に好ましい実験結果だと言えるでしょう。

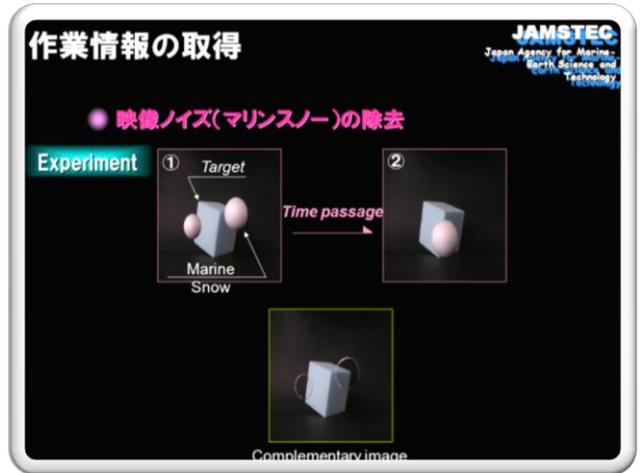
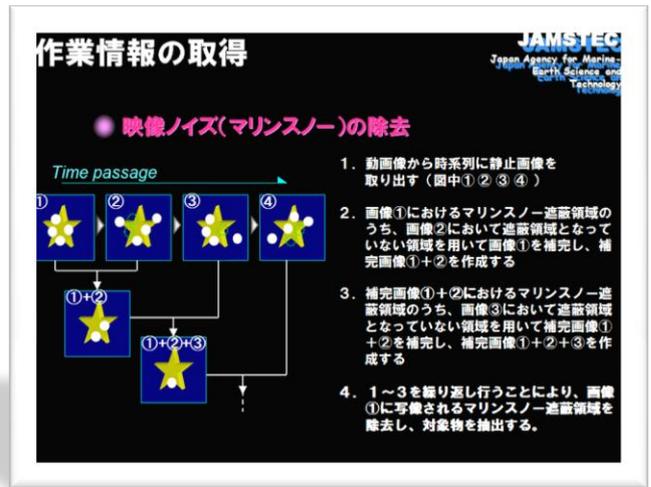


石橋研究員のグループは、視野の狭さが操縦士の作業を困難にしていることを解決するべく、モニタを2つに増やし、それらが繋がって1つのモニタとして見えるシステムも開発しています。これは、多くの海中探査機に応用可能であり、実用化が期待されます。



また同グループは、他の視覚的な面でのサポートも研究されており、特定の魚などの移動体をパン・チルトカメラで自動的に追いかける機能や、操縦士の視覚を悪くし、深海生物などの資料映像としての価値を落とすマリンスノーを無いものとして処理する仕組みも研究中だそうです。

これらの研究は、石橋研究員が目指すAUVの自律性向上だけでなく、他分野への応用も考えられます。特にINSの研究は、海中同様電波の届かない地中での作業を要するトンネル掘削機などへの適用が期待されます。



石橋研究員がJAMSTECの採用面接時にプレゼンしたという目標は、AUVにマニピュレータを搭載し、自律して海中作業を行わせることだったそうですが、今日もその目標に向かって、いまだに治らない船酔いと戦いながらも、着実に研究を進めて行ってくれることでしょう。



実際、石橋研究員が採用面接時に使用したスライド

軽量で高強度な海洋機器用構造部材の開発

〜マグネシウム合金の海洋利用への挑戦〜

海洋に関する研究や調査のために、現在では、有人潜水船、無人潜水機、海洋観測機器等が多く使用されています。これら潜水機等はすべて電子機器によって制御されています。海水中、また深海域においては高水圧環境において、電子機器を陸上と同様に使用するためには、容器内は大気圧で容器の外から水深に応じた圧力がかかるような環境下で、海水や水圧から護るための頑丈な耐水圧容器が必要になります(図1)。これら電子機器類を海中で使用するためにはこの容器や骨組みとなるフレーム材を軽くて丈夫な材料でつくことで、ブイや機器の全体重量を軽減することができ、浮力材の減量やペイロードの拡充に役立てることができます。

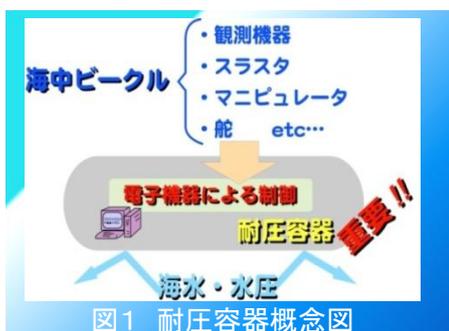


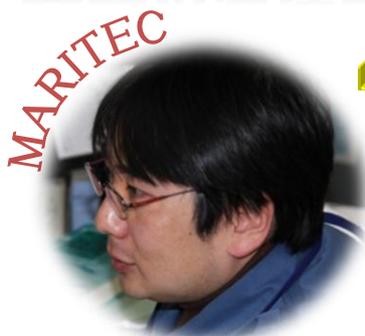
図1 耐圧容器概念図



図2 小型耐圧容器

材料そのものの強度が確認できたので、次に耐圧容器としての性能の評価を行いました。その結果、図4に示すように、容器内は大気圧で容器の外側には40Mpa(水深4000m相当の圧力)の力を加えても潰れることなく容器としての形を保つことができることがわかりました。

マグネシウム合金の機械的強度は充分であることがわかりましたが、マグネシウムは海水に容易に溶け出してしまう性質であるため、海水による浸食を防ぐための耐食性に優れた表面処理を見出す必要があります。また電気化学的腐蝕についても評価する必要があります。さらに水中において重要になる音響特性についてもマグネシウム合金はチタン合金やアルミ合金と異なる性質を持つ可能性があるため、これを評価する必要があります。マグネシウム合金を海中で利用するためにはまだまだ様々なことを乗り越える必要がありますが、マグネシウム合金耐圧容器や構造部材が実現できるよう開発を行っていきます。



Profile

百留 忠洋 (ひゃくどめ ただひろ)
 海洋工学センター
 巡航探査機技術研究グループ
 技術研究主任
 学位：2000年博士（工学）九州大学
 趣味：食べること

先端技術研究プログラムでは、チタン(Ti)やアルミニウム(Al)よりも比重が軽く強度も十分なマグネシウム(Mg)で上述したような構造材に使用できるような強度の高い合金の開発を行っています。チタン合金(Ti-6Al-4V)よりも比強度(引張強度/密度)で1.3倍上回る(単純計算で3割の重量ダイエット)ことを目標としています。数十mmのマグネシウム合金試験片による機械評価試験を基に、図2に示すような小型耐圧容器(φ90mm×142mm)を試作しました。小型とはいえ実用に近い大きさであり、試験片に比べても大きなものとなるため、原材料の強度を保たせるために製造過程で熱処理に工夫が必要でした(冷え方に表面と内部で時間差が生じるため)。容器を機械的評価試験用に切り出し引張り試験を行った結果、チタン合に比べて1.1倍の比強度を得ることができました(図3)。

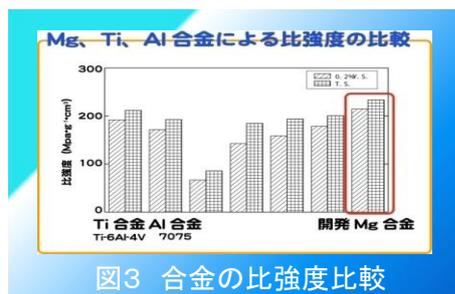


図3 合金の比強度比較

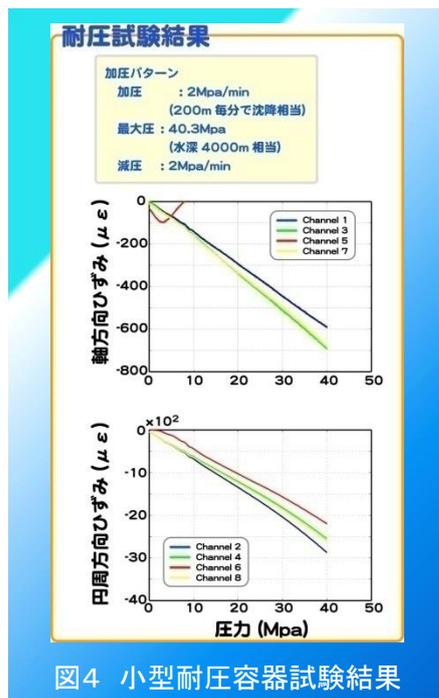


図4 小型耐圧容器試験結果

雲の振舞いを正確に予測したい

～超水滴法～

… 時々刻々と移ろい行く雲の振舞いが正確に予測できたら …

当機構、地球シミュレータセンターでは島研究員を中心に、雲が作られ雨が降る様を正確に再現し予測するために、新しいシミュレーション技術を開発しました。

意外なように感じますが、雲の詳細な生成・発達過程を予測する事は未だに困難な事です。

雲は1立方メートルあたり10億個程度のおびただしい数の水滴から構成されており、^{*}それらの振舞いは大気湿度や気温により変化します。またそれと同時に、雲は全体として流体力学的な変化をするため、雲のミクロな要素と雲全体のマクロな要素の両方を合わせたシミュレーションをする必要があります。マクロの側面である流体力学のシミュレーションは、近年のスパコンの進歩により精度が急速に向上していますが、ミクロの側面である水滴の振舞いのシミュレーションはまだ信頼性が十分ではありません。

^{*}気温が低いと雲の中に氷の粒子も生成されますが、話を簡便化するためこの文章中ではその様な状況は考えていません。

膨大な数の水滴の情報をすべて扱おうとすると、現存する最速のスーパーコンピュータでももともと計算することが出来ません。そのため、これまで水滴の変化については経験的に表現する雲微物理パラメタリゼーションという方法が多く採られてきました。しかし、パラメタリゼーションは特定の現象をうまく再現できるよう調整してあるため、未知の現象に対する予測が難しいという欠点があります。このため、内外の研究機関において新しい雲モデルを開発する努力が続けられています。

島研究員を中心に開発した“超水滴法”は、少ないコストで正確に雲の振舞いを計算できると期待されます。

超水滴法では、同質の水滴を1つの仮想的な計算粒子(超水滴)として表現し、それがいくつの水滴を表しているのかということ「多重度」というパラメタで表します。同質の水滴を1つの超水滴で表現することで、シミュレーションにかかる計算コストを劇的に軽減したのです。



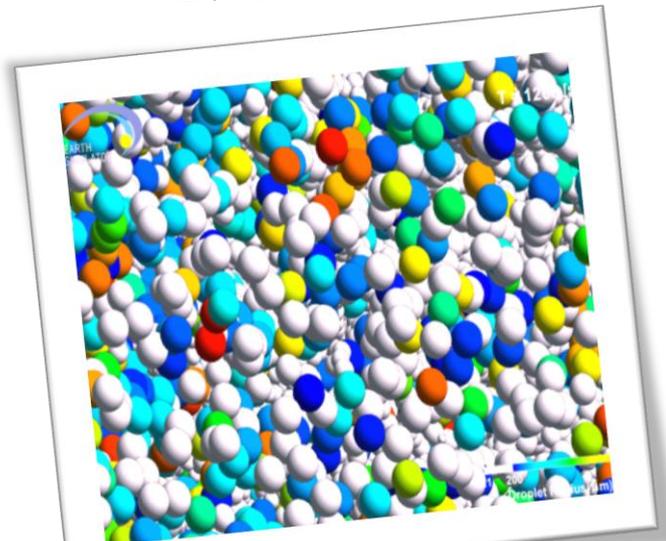
Profile

ESC

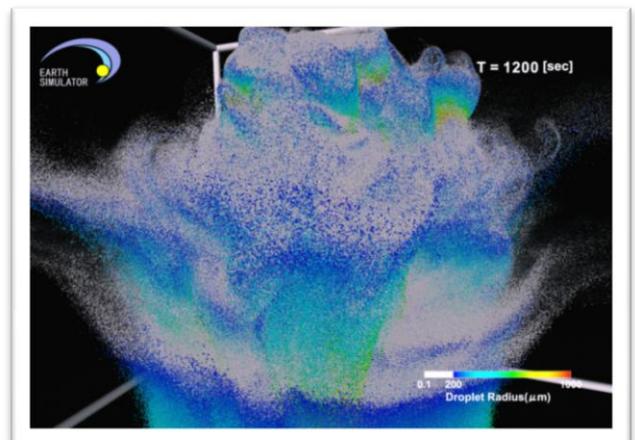
島 伸一郎 (しま しんいちろう)

地球シミュレータセンター
アルゴリズム研究グループ
研究員

学位：2005年博士（理学）京都大学
趣味：テニス



計算に使っている個々の粒子(超水滴)が見えます



可視化した雲

図1は海洋上に浮かぶ小さな積雲をテスト計算した結果です。雲の詳細な構造が再現されている事が見て取れます。今後、結果が本当に正確であるか検証したり、さらに改良を行ったりする必要がありますが、精度の高い気象予測、気候変動や温暖化予測の精度向上などに貢献する事が期待されます。

人工降雨技術の開発にも役立つかもしれません。雨滴は雲粒同士の衝突併合によって生成された大きな水滴の事です。一方、雲粒は空中に浮遊する「エアロゾル」という固体粒子を核として成長した微小な水滴の事です。

気象学的には、エアロゾルの濃度が高いと（大気が汚れていると）雨は降りづらいと言う事が報告されています。エアロゾルが多すぎると雲粒の数だけが増え、個々の雲粒の大きさは逆に小さくなるため、雨となる大きな水滴ができにくくなります。このエアロゾルをどのような条件下・濃度で空中散布すればもっとも雨が降りやすいのかということ解析すれば、人工降雨の効果的な方法を見つける事ができるかもしれません。

また、超水滴法の応用は気象学・気候学の分野に限られず、粒子が衝突併合を繰り返す現象に適用する事ができると考えられます。例えば、エンジンの噴霧燃焼をシミュレーションする事ができるかもしれません。

この超水滴法を含んだ内容は現在特許としても出願されており、今後各方面への幅広い応用が期待されます。

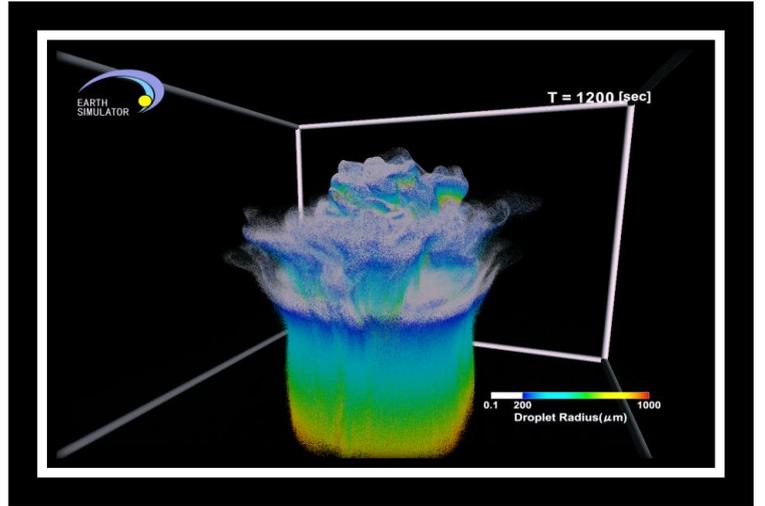


図1: 超水滴法により、雲粒や雨粒を構成する大気中の微小な水滴運動や状態の変化を計算し、積雲の形成と降雨をシミュレーションした結果です。雲は超水滴を表す点の集合として描画されており、雲粒を白で、雨粒を青～橙色で表しています。

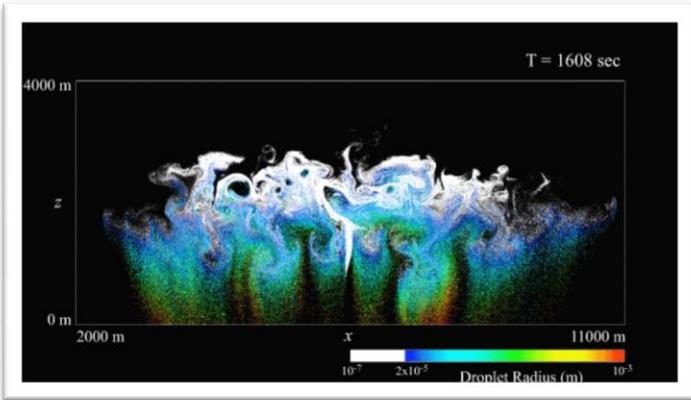


図2: 奥行き方向の構造は一律だと仮定し、雲の縦横方向の動きだけを考え、2次元的にシミュレーションした結果。

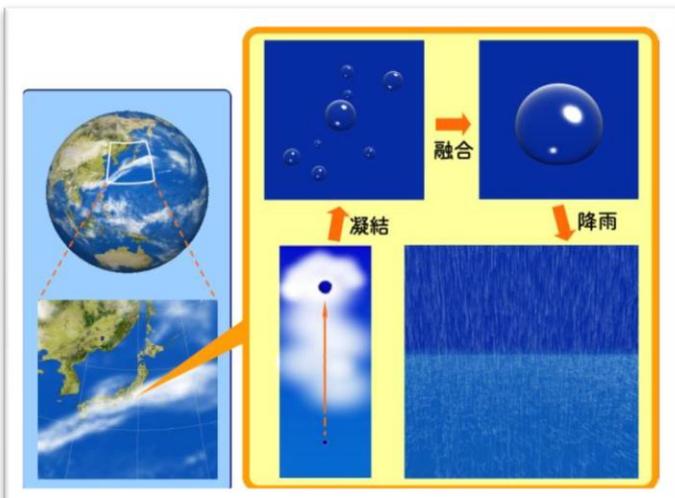


図3: 地球規模の大気現象と局所的な現象を連結してシミュレーションすることを目指しています。この図は連結階層シミュレーションのイメージ図です。左はAFES (Atmosphere for Earth Simulator) により得られた、日本近海における梅雨前線の様子です。超水滴法により、雲の中の微小な水滴が凝結や衝突併合により大きくなる過程を計算し、雲形成と降雨の正確な予測を行います。



独立行政法人 海洋研究開発機構

独立行政法人海洋研究開発機構 URL <http://www.jamstec.go.jp>

経営企画室 評価交流課

発行責任者: 木川 栄一 編集責任者: 森 裕子

執筆: 大澤 弘敬・百留 忠洋・森 裕子

監修: 石橋 正二郎・島 伸一郎

レイアウト: 野田 真紀 印刷: 海洋地球情報部

電話: 046-867-9234 FAX: 046-867-9195

本誌関係 renkei@jamstec.go.jp 特許関係 chizai@jamstec.go.jp