

人工衛星を利用した地上絵の制作に関する研究

Studies on the Production of the Geoglyph Using the Satellite

鈴木 浩之

SUZUKI Hiroshi

1. はじめに

人工衛星に搭載された地球観測システムが解析する地表の詳細なデータは、主に科学的な視点により解析され、科学者によって利用されてきた。しかし、近年、日本科学未来館「ジオ・コスモス」におけるインゴ・ギュンターの宇宙芸術分野の作品展示にみられるように、人工衛星を文化・人文社会科学分野に活用する動きが活発になってきている¹。筆者は〈地球外の視点による地球観の共有〉を目的として

2009年より人工衛星を利用した映像表現技術の研究・開発をスタートした。人工衛星は、ほぼ同じ時刻に同じ角度から同じエリアを撮像可能となる特性を持っている。筆者はこの特性を活かし、複数回撮像した同じ場所の人工衛星画像を重ねて解析する〈差分抽出〉〔〈変化抽出〉ともいう〕の手法により、地上に星空と星座を描く美術表現技術を考案した【図1】。この表現技術に適した地球観測システムがどのタイプかを検討する為に、実際に人工衛星を利用した研究を行った。



図1

2. リモートセンシングについて

本論に入る前に、研究のベースとなるリモートセンシングについて触れる。

リモートセンシングとは遠隔探査とも呼ばれ、離れた位置にあるセンサーによって手を触れないで対象の表面的な状態を調べる技術である。狭義では人工衛星等に搭載されたセンサーを用いて地球の大気や土地被覆を観測し、得られたデータを解析して視覚化する技術を指し、本論でもこの意味でリモートセンシングという言葉を使用している。1960年に世界初の地球観測衛星とされる実験衛星タイロス1号〔TIROS-1〕が宇宙から地球の雲を撮像する実験【図2】を成功させ、撮像した画像が電波によって人工衛星から地球に送られるリモートセンシングが実現した。リモートセンシングを目的とした衛星には、商業衛星を含めて様々な種類が存在する。汎用性の高い高性能のセンサーを搭載したものは、用途を限定せずに様々な観測に利用される。一方で、気象観測衛星をはじめ資源探査衛星、温室効果ガス観測技術衛星、熱帯降雨観測衛星など、汎用性を持たず用途が特化された衛星も多い。こうした人工衛星の開発は、ロケットの打ち上げ技術と合わせて国際競争

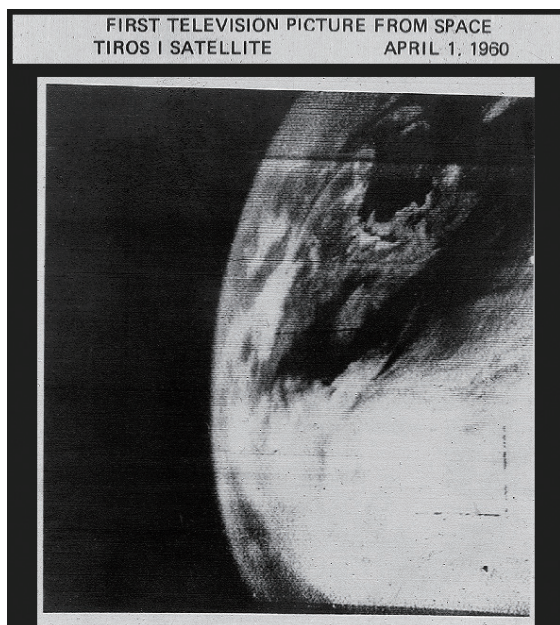


図2

を促し、各国の宇宙科学技術を牽引する産業に成長している。

3. 研究の方法

地球観測衛星は、目標の上空で人工衛星に搭載されたセンサーによって地表を観測し、地球に送信されたデータを解析して画像を得る地球観測システムの一部である。地球観測システムにはそれぞれに観測を得意とする電磁波の周波帯域があり、光学系センサーと合成開口レーダーに大別される。本研究では、これら二種類の地球観測システムで実験を行い、どちらが地上絵制作に適しているか検討した。

「ASTER」〔地球観測衛星「Terra」に搭載〕は1999年にアメリカによって打ち上げられ、2012年現在でも運用が続けられている日本の代表的な地球観測システムで、広く一般に観測要求を受け付けている。

「PALSAR」〔陸域観測衛星ALOS「だいち」に搭載〕は2006年に日本によって打ち上げられ、世界で最高レベルの技術を持つ日本のLバンド合成開口レーダーにより観測を行うシステムであった。〔2011年に運用終了〕

「ASTER」と「PALSAR」のそれぞれのセンサー上で感知されやすい素材を地上に広げ〔もしくは、感知されやすい形状の構造物を地上に配置し〕、これらの実験用の配置物を人工衛星に搭載された「ASTER」と「PALSAR」に撮像させ、得られた衛星画像データを差分抽出することでサンプルを作成し、これらを比較することで美術制作に適したセンサーの検討を行った。

4. 地球観測衛星「Terra」を利用した美術表現

撮像予定時刻と実際の撮像時刻の同期に関する予備実験

筆者は地上絵の制作に関する実験に入る前に、人工衛星にリクエストした撮像時刻と地上での活動が同期するかを確認するための予備実験を行った。

NASA が打ち上げた地球観測衛星「Terra」〔打ち上げ：1999年〕に搭載された日本のマルチバンド光学センサー「ASTER」への、芸術を目的とした観測要求を2010年5月1日午前10時51分の石川県金沢市をターゲットとして申請し、予定通り観測が実施された【図3】。撮像された人工衛星の画像と430枚の地上で撮影されたスナップ写真が統合されたマルチチャンネル映像作品《2010年5月1日午前10時51分／金沢》(May 1st, 2010 at 10:51 a.m. in Kanazawa)【図4】が完成し、東京、ベルリン、金沢で発表された²。この作品の発表により、1980年よりアメリカ、フランス等で実施されてきた地球観測衛星の芸術利用が、2010年の時点で日本国内の観測体制で実現可能なことを国内外に示した。

鏡面を利用した太陽光の反射による撮像

地球観測衛星「Terra」を利用した試みは2010年11月25日午前10時51分に再び実施された。2度目の撮像は光学センサーに可視光の反射を感知させるために鏡や反射特性を持った金属などを地上に配置し、それらを「ASTER」で撮像した。得られる画像データの1ドットが地上で約15m四方の範囲を表しており、広く整地された小学校のグラウンドを実験場所として使用した。また、曇天を考慮して実験場所が雲に隠れるリスクを分散する目的からそれぞれ離れた3カ所の実験場所を用意して実験に臨んだ。金沢市教育委員会の協力を得て金沢市内の小学校3校（金沢市立中央小学校、金沢市立西小学校、金沢市立明成小学校）においてマルチバンド光学センサー「ASTER」に向けて太陽光を反射させる試み〔主催：金沢美術工芸大学、共催：金沢市教育委員会による「人工衛星を利用した地上絵制作の為の実験」〕を実施した【図5】【図6】【図7】。当日は、雲の量としては多くはなかったが、僅かに上空にかかった雲が小学校と人工衛星の間に留まり、十分な太陽光の反射が人工衛星に届かず、グラウンドなどに準備した太陽光を反射させるための衣装や装置は機能しなかった。

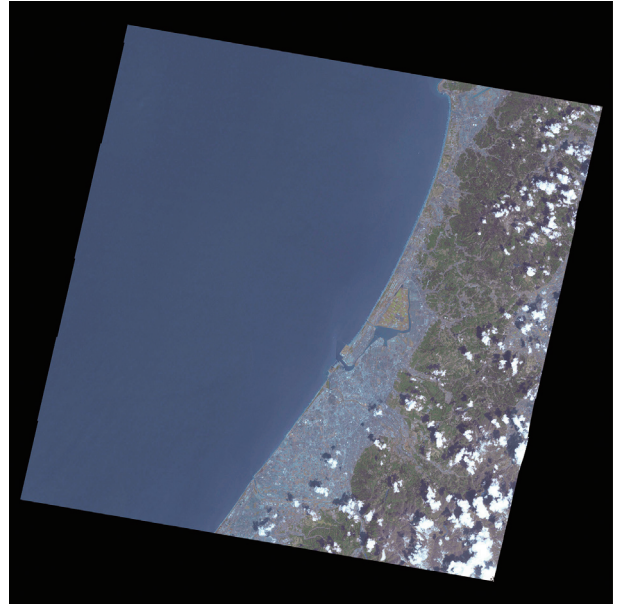


図3



図4



図5



図6



図7

〈アルミ素材を身につけた児童達と煙突〉を撮像する実験

金沢市立中央小学校では、2つの試みを行った。何れも目的は太陽光を地上で反射させて人工衛星からその光を衛星写真で撮影することだった。これを實現する為に、まず、太陽光を人工衛星に向けて反射させる為に、反射面の方位角を固定して仰角を柔軟に対応させるリフレクターを配置した。リフレクターは、後の地上絵制作の際に素材の入手が比較的容易で安価となるよう検討を重ね、大型ストーブなどの配管に使用される金属製の煙突（表面が研磨さ

れたもの)を使用することとした。配置の位置は「ASTER」による観測データの1ピクセルが表す実際の範囲を考慮して運動場の中央付近を選び、約1.5m×1.5mの範囲に円筒のカーブした側面の法線を太陽の位置〔国立天文台公式サイト内「こよみの計算/暦計算室」参照〕と観測予定時刻の衛星の位置の中間の方向に向くよう、方位角と円筒側面の法線を合わせた。仰角は、円筒側面のカーブした形状の特性から、時間の経過によって太陽の位置や衛星の位置が変化する事に対応出来るようにした。実験の結果、観測データにおいて運動場の中央部分のDN値〔「ASTER」のセンサーが感知した地表の電磁波の変化量を表す値〕に多少高い数値が認められるものの、地上絵の制作手法として求められるレベルには至らなかった。当日の天候により雲が広く発生しており、リフレクターに十分な太陽光があたらなかった事も原因と考えられる。2つ目の試みは、福田満佐子教諭の担当する2年生の図工科の授業「宇宙人とダンスパーティーをしよう!」と連動し、太陽光の反射を得やすい素材を使用した衣装づくりと装飾されたリフレクター、パフォーマンスが実施された。11月25日の実験では、反射素材を大きく使い、観測データのDN値が上がるように体全体で太陽光を反射させて造形遊びを楽しんだ。その後、4年生が「宇宙人と交信しよう!」という題材で12月11日に予定されていた観測〔雨天の為中止〕に向けて煙突にヒントを得た〈ピカピカでこぼこ画面〉を考えユニークなりフレクターをグループ毎に数多く制作した。〔これらの成果は、平成23年1月5日(水)～1月16日(日)に金沢21世紀美術館市民ギャラリーA(1階)、市民ギャラリーB(地下1階)にて金沢市教育委員会の主催で開催された「金沢市小中学校合同展(図工・美術・書写・書道・華道)～輝け!未来の巨匠たち～」にて発表された。〕

〈方位角と仰角を調整した鏡〉を撮像する実験

金沢市立西小学校での実験は鏡によって太陽光を直接人工衛星に向けて反射させる試みを実施した。実験を行う場所〔世界測地系 WGS84を基準として

GPS 計測器にて計測]を基準として、人工衛星からの衛星写真撮影が予定される時刻に太陽と人工衛星の位置がどの方向にあるのかを予め調べ、それぞれの仰角と方位角〔真北を基準とした度数法〕を用いて三角関数の加法定理により鏡面の法線の仰角と方位角を求めた。当日に児童が自宅から持ち寄った鏡を運動場に並べ、それぞれの鏡の角度を予め準備したガイドに合わせる方法で実験を行った。残念ながら、鏡を使用した場所の観測データ上のピクセルには太陽光の反射による反応が現れず、地上絵の制作手法として用いることができるレベルには達しなかった。当日の天候により雲が広く空を覆い、鏡に十分な太陽光があたりなかったことも原因の一つと考えられる。

〈制作した衣装を着た児童達とパチンコ玉〉を撮像する実験

金沢市立明成小学校での実験は、研磨された金属球の表面によって太陽光を直接人工衛星に向けて反射させる試みと共に、図画工作の授業〔担当：江藤里佳教諭〕で制作した衣装〔太陽光の反射を得やすいよう考慮された素材を使用〕を着た児童達による全体をリフレクターとして機能させるパフォーマンスが披露された。金属球〔再研磨した中古パチンコ玉〕を約4万個用意し、2 m × 2 m の範囲に敷き詰め、太陽光が効率良く人工衛星の方角に向けて反射する状態に配置した。残念ながら、晴天に恵まれず、反射の為の十分な太陽光が得られなかったため、観測データには太陽光の反射と思われる反応は現れなかった。一方で、生き活きとプロジェクトに参加する児童の姿が新聞〔合計7紙に掲載〕テレビ番組〔合計4局が放送〕やラジオ番組〔1局が放送〕で報道され、地上絵の制作を展開する上で今後も児童の参加を呼びかけていくことへの賛成意見を多くの関係者・協力者らと再確認することができた。実験の前に、宇宙少年団金沢支部団長でリモートセンシング技術にも詳しい木谷誠治校長から児童達に向け人工衛星が生活に役立つ事例等が紹介されており、児童達は宇宙に浮かぶ人工衛星に思いを馳せながら撮

影に臨んでいた。

黒色シートによる近赤外線放出の制御

「ASTER」を利用した地上絵制作は2011年7月16日午前10時45分の観測で成功した。「ASTER」での地上配置物の撮像は、金沢市内の小学校3校で行った3つの実験がいずれも失敗していることから、鏡面を利用した太陽光の反射による地上絵の描画実験から、黒色シートを用いた太陽光の吸収による地上絵の描画実験へと制作手法を変更して行うこととした。実験場所は、変化の判読が容易となるよう、小学校のグラウンドと比較して20倍ほど大きい金沢市民芸術村大和広場へと変更した。「ASTER」の近赤外放射計(VNIR)の諸元に合わせ人工衛星画像上で1ドット分の大きさに等しい15m × 15mの黒いビニールシートを事前に制作し【図8】、芝生で覆われた広場の中央に配置した【図9】。シートの位置は事前にGoogle Map上でシミュレーションを行った。当日GPS測位計を用いてシミュレーションを行った経緯度情報に合わせてシートが配置され、予定の時刻に撮像された。撮像された衛星画像(ASTER VNIR L3A01 Orthoをトゥルーカラー変換)には、地上に広げたビニールシートが黒い点となって表示された【図10】。ピエル・コントゥが1989年にフランスで1ドットあたり60m × 60mのサイズで行った手法を、より簡便な方法と低予算で実現可能なプログラムへと展開させることに成功した一方で、この実験の成功に至る前に2度の撮影機会を悪天候によって失い、美術制作における光学センサーの弱点が明確となった。



図8



図9

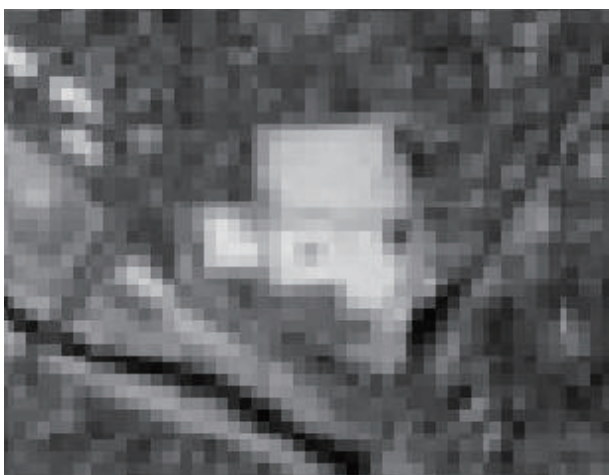


図10

5. 陸域観測技術衛星「ALOS (だいち)」を利用した美術表現

CRの開発

「ASTER」による実験と並行して、「PALSAR」を利用した地上絵制作の為の実験を行った。「ALOS (だいち)」【図11】は、Lバンド合成開口レーダー「PALSAR」の搭載により、植生や地形、人工的な建造物のわずかな変化を観測することが出来た〔2011年6月運用終了〕。レーダーによる観測では、プラットフォームとなる人工衛星に取り付けられたフェイズドアレイレーダーから地上に向けてマイクロ波が発信される。通常の観測では地上で反射したマイクロ波を人工衛星に取り付けられたセンサーで受け取り、マイクロ波の変化によって土地被覆の状態を解析する。Lバンド合成開口レーダーは光学センサーと異なりトゥルーカラー変換などは行えないが、曇天や雨天でも観測を行えるという特性を持つ。筆者はこの地上の天候に左右されにくい観測方法に注目し、本来の業務で観測システムのキャリブレーション用として地上でマイクロ波を正反射させる為の開発された構造体「コーナーリフレクター (CR)」³【図12】を、美術制作用途に改良し、地上絵制作に「PALSAR」を利用する技術を開発した。

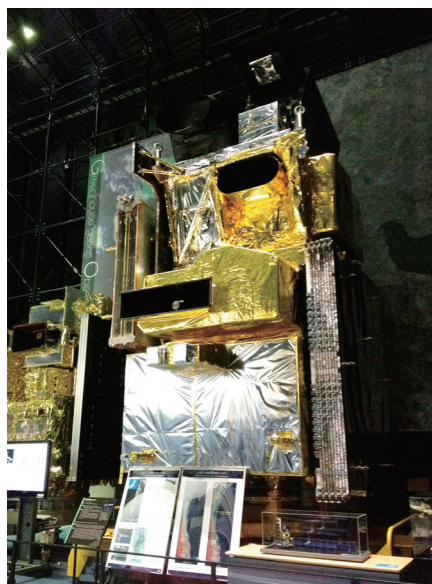


図11



図 12

美術制作用 CR の開発は、後に美術制作活動で数多く制作することが予想されるため、反射性能が高い最適な形状と簡便な組み立て工程、加えて安価で世界中の都市で入手可能な材料で製作可能であることを考慮して4つの形状が考案された。それぞれ CR の原理を基本としながら、かつてスペースシャトルでの実験で使用された〈トライアングル型〉【図 13】、6個の三角型 CR を組み合わせた〈ヘキサゴン型〉【図 14】、ワンボックスタイプの自動車の側面を利用した〈L字型〉【図 15】、そして、実際の「PALSAR」の運用でキャリブレーションに使用される〈キューブ型〉【図 16】の4つのタイプを実際に「PALSAR」で撮像しながら検討を行った。

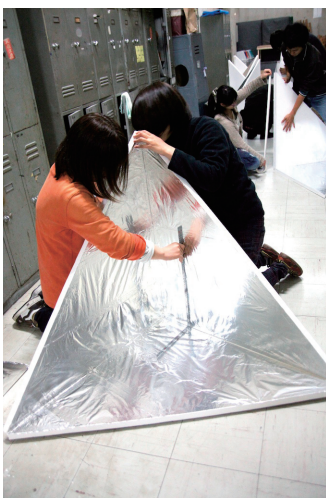


図 13



図 14



図 15

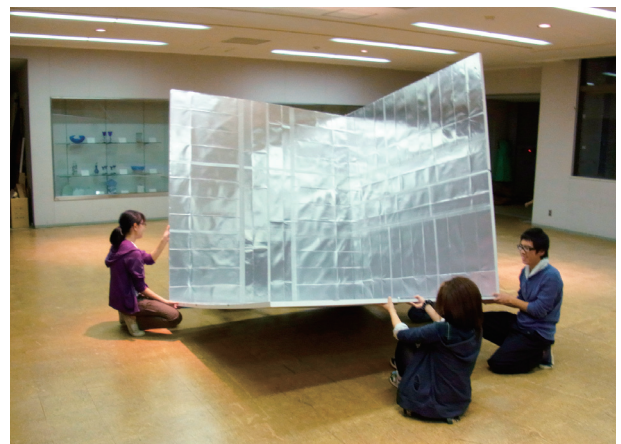


図 16

最終的に金沢市近郊の牧場【図 17】を使用して3タイプの CR を同時に撮像する実験を行い、反射強度を1枚の衛星画像上で比較した。実験の結果、美術制作用の L バンド合成開口レーダーとして、

〈キューブ型〉のCRが最も強くレーダーを反射した【図18】。



図 17

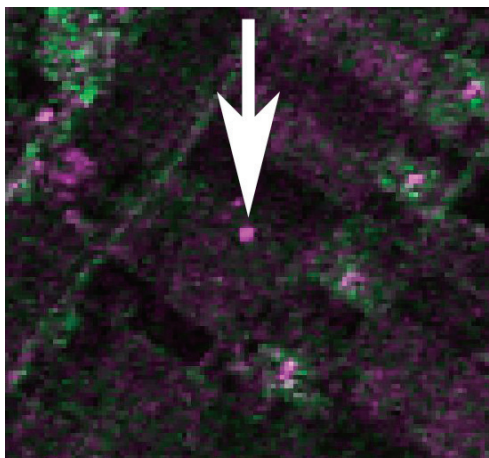


図 18

「PALSAR」で得られたセンサーの情報は JAXA 地球観測センターのアンテナを経由して地上に送られ (財)資源・環境観測解析センター (ERSDAC) によって画像化されたものが実験に使用された。画像化された「PALSAR」によるデータはコンピューター上の画像編集ツールを用いて解析を行い、〔同じターゲットを撮像した〕ほぼ同時期で撮像日が実験日より 46 日前の観測画像とコレジストレーション〔位置合わせ〕し、差分抽出を行う事で、変化の少ない街の構造物等が画像上から消え、車や船、植生の変化などが画面で強調されることが明らかになっ

た【図19】【図20】【図21】。

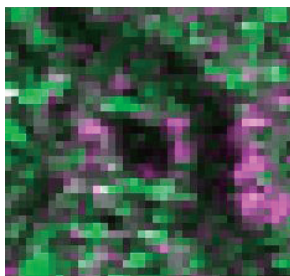


図 19

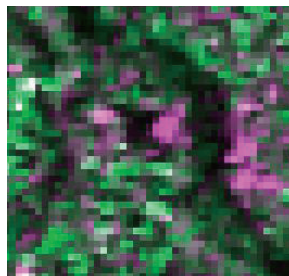


図 20

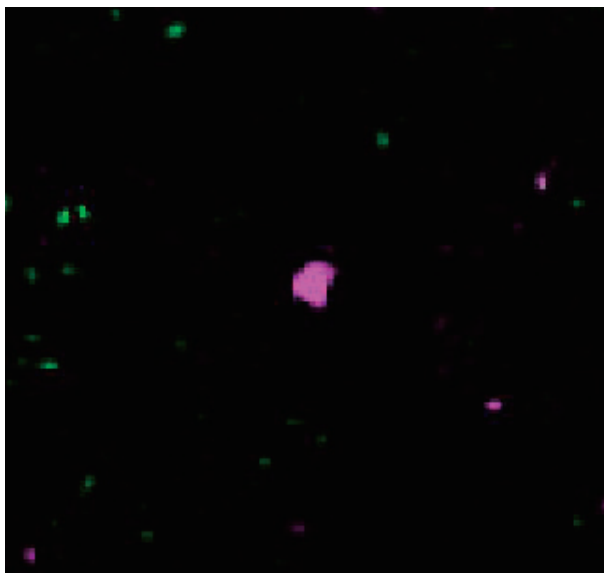


図 21

「PALSAR」から照射されたマイクロ波の受信
CRの開発と並行し、「PALSAR」の特性を活用したメディアパフォーマンスに関する実験を行った。Lバンド合成開口レーダーは、光学センサーには無い能動型の特性がある。人工衛星から照射されるマイクロ波は、地上で専用のアンテナとアマチュア無線受信器を使用して受信することが出来る。無線受信器から出力される音はCRを配置する美術制作が地上で行われている現場にとって宇宙とつながる実感を制作協力者らに与える特別な力を持っている。メディアアート作家の上田尚宏は一連の「PALSAR」での実験が行われた現場にて、「PALSAR」のフェイズドアレイレーダーから地上に向かって照射されたマイクロ波を「PALSAR」の中間周波数である

1270MHzに合わせて準備された17エレ／ループアンテナ〔1200MHz用〕【図22】を用いて受信し、その受信した音によって実験場所にいる制作協力者らに「PALSAR」が搭載された陸域観測技術衛星「ALOS（だいち）」が上空を通過した瞬間を伝えた。



図 22

美術制作用 CR による地上絵描画実験

2010年11月29日午後10時18分、15名の研究協力者によって金沢美術工芸大学グラウンドに5基のCRが配置され、それらが「ALOS（だいち）」によって撮像された。当日は夜間の実験にもかかわらず多くの学生や教員の協力を得て、事前に準備してあった5組のCR部品が1時間ほどで実験用のCRとして組み立てられ、最新のTLEデータ〔人工衛星の軌道情報〕を利用し、周囲の建物などの影響を最小限にとどめるための最大仰角と方位角が調整された。人工衛星画像は、46日前に同じエリアをターゲットとした同時刻の同じ観測モード〔ALOS /

PALSAR FBDモード〕の人工衛星画像と重ねて差分解析され、10月14日から11月29日にかけての土地被覆の変化を抽出することで、地上をキャンヴァスとして星空と星座を描く美術表現技術の開発に成功した。

陸域観測技術衛星「ALOS-2」を利用した美術表現の可能性

美術表現技術の開発に成功した「ALOS」は2011年に運用が終了した。「ALOS」に代わり、「PALSAR」の後継となる「PALSAR-2」を搭載した「ALOS-2」が2013年に打ち上げられる予定である。公開された「PALSAR-2」の諸元から、「PALSAR」での実験で得られた知見は大部分が活かされると考えられる。さらに、解像能〔地上のより小さなものが捉えられるようになる性能〕は「高分解能」モードで地上3mの大きさのものが確認でき、7m以下のものの確認が難しい「PALSAR」と比較して4倍以上性能が上がっている〔通常は使用しない特殊な撮像モードである「スポットライト」モードの解像能は1～3mと更に高い性能を持つ〕。これは、衛星画像上の1ドットの大きさが地上での7m×7mを表していた画像から、3m×3mという大変小さな範囲を一つのドットで表す画像への劇的な変化である。これまで他の構造物との干渉を嫌って実験場所に学校のグラウンドの規模の広さを求めていたが、「PALSAR-2」では街中の公園の規模でもCRが機能する可能性が高まった。「PALSAR-2」は宇宙芸術での利用の観点からその性能が大いに期待される場所である。

6. 気象観測衛星「NOAA」を利用した美術表現

本論に関連する研究として、人々が地上と宇宙が繋がれた存在であることを意識する場を創出する実験を行った。自らが立つ大地を地球外の視点によりリアルタイムに撮影することで、人々にどのような変化が現れるのかについて調査する為、観測画像をリアルタイムに現場で受信可能な気象観測衛星

「NOAA」⁴を利用し、地上で運用される微弱電波ラジオと人工衛星から送られてくる信号音を組み合わせたメディアパフォーマンスを考案し、美術プログラムとして表現技術を開発した。このプログラムは実際に発表活動として実施され、地球外からの視点による地球観の共有がメディアパフォーマンス参加者らに地球と人の直接的な関係性を想起させる機能があることを実証した。

筆者は「NOAA」が軌道上から地上に向けて発信する HRPT と APT の 2 つの信号のうち、比較的簡便な機材にて受信可能な APT の受信を、2012 年 8 月 25 日正午から 16 時 30 分の間に、茨城県守谷市にあるアーカススタジオ前の広場にて 6 回実施した。この際、APT 専用受信機で復調された信号をアーカススタジオにて運用されている微弱電波ラジオ放送「オープンラジオ」でアーカススタジオ施設内に向けて放送し、貸し出される FM ラジオから流れる信号音によって来場者が上空に人工衛星が飛んでいることを意識する時間を作った。また、このラジオのイヤホン端子から参加希望者が持参したノートパソコンのマイク端子へと AV コードを繋ぎ、当日ノートパソコン内にインストールした APT 信号のデコードツール上で、上空を通過中の人工衛星が観測中の画像をリアルタイムに受信するメディアパフォーマンスが実施された【図 23】。

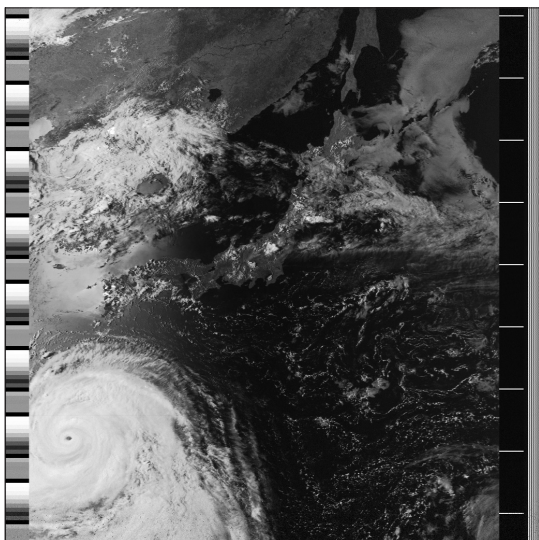


図 23

7. 結論

「ASTER」は一般から観測要求を受け付け利用目的が開かれている点で美術制作にとって利便性の高い地球観測システムといえる。運用されてきた期間も長く安定して運用されており、撮像が成功した画像上で地上に配置した黒い色のシートが「ASTER」によって感知できることを確認することが出来た。一方で、観測の有無が天候に左右され易く、曇天で実験場所に雲がかかり撮像の機会を失うことが多いことが分かった。また、解像能が低く、1ドット分の点を衛星画像に表示させるために15m×15mのシートを配置する必要があるため、一度の実験で多数のシートを配置することを想定した場合、毎回多くの参加人数と大量のビニールシートが必要となり美術制作の方法として現実的ではないことも分かってきた。また並行して実験に利用してきた「PALSAR」を搭載していた人工衛星「ALOS」が電気系統の不具合により運用を停止するといったこともあり、「ALOS」よりもさらに7年ほど運用期間が長い「ASTER」の運用が終了する可能性も十分考慮して美術表現技術の開発に利用する人工衛星を検討する必要が出てきた。2013年度打ち上げられる予定の「ALOS-2」は、「PALSAR」の性能を引き継ぎ、さらに性能を向上させた「PALSAR-2」が搭載される予定であり、実験で成果が表れた「PALSAR」の代替として期待が高まる。「PALSAR」での実験では、曇天や雨天が多い金沢で、気象条件に左右されない合成開口レーダーの強みが明らかとなった。高精細の画像により撮像が可能な「ALOS-2」が打ち上げられた後は、解析技術の向上とともに安定的なプロダクトが半年ほどで入手可能となることが予想され、人工衛星を利用して地上絵を描く美術制作に適した地球観測システムとしてLバンド合成開口レーダー「PALSAR-2」は有効であるといえる。

本研究は、平成22年度文化庁メディア芸術クリエイター育成支援事業の助成を得て実施された。

謝辞

本研究には金沢美術工芸大学の多くの学生と教員、卒業生に協力を頂きました。また、アーカススタジオ、art space kimura ASK?、石田郁子さん、上田尚宏さん、宇宙芸術研究コミュニティ beyond [space + art + design]、金沢市教育委員会、金沢市立中央小学校、金沢市立西小学校、金沢市立明成小学校、河北潟ホリ牧場、(財)資源・環境観測解析センターには、研究に関連する制作／発表の為にご協力を頂きました。深く感謝申し上げます。

註

- 1 参考「人工衛星と芸術～地球外の視点による地球観の共有」『金沢美術工芸大学 紀要』（2013年）
- 2 《2010年5月1日午前10時51分／金沢》(May 1st, 2010 at 10:51 a.m. in Kanazawa) は、これまでに、「地球観測日和」(2010年) アートスペースキムラ ASK? (東京)、「東京ーベルリン コミュニケーション展」(2010年) フライエ美術館 (ベルリン)、「美大アートワークス 2011」(2011年) 金沢美術工芸大学アートギャラリー (金沢) 等で発表された。
- 3 合成開口レーダーの為にポラリメトリック較正用の人工ターゲットとなる偏波選択型電波反射鏡 (Corner Reflector)
- 4 アメリカ海洋大気庁が運用する気象観測衛星で、2011年10月7日現在、16号、18号、19号が正常に稼働している。
<http://www.oso.noaa.gov/poesstatus/spacecraftStatusSummary.asp?spacecraft=17> (2012年10月30日)

図版リスト

- 図1 鈴木浩之『Microcosm』(2010年) デジタルイメージ
- 図2 『First television image of Earth from space. Taken from TIROS-1』(1960年) ©NASA
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:TIROS-1-Earth.png> (2012年10月31日)
- 図3 「ASTER」で初めて〈芸術利用目的〉の観測要求が実施され、地球観測衛星「Terra」によって撮像された石川県中部の画像。ERSDAC のプロダクト ASTER VNIR L3A01 Ortho をトゥルーカラー変換したもの。
[ASTER Level 3A01 : (C) METI and NASA 2010 : Distributed by ERSDAC, Changed from the Original color by SUZUKI, Hiroshi]
- 図4 《2010年5月1日午前10時51分／金沢》(May 1st, 2010 at 10:51 a.m. in Kanazawa) 撮影：筆者
- 図5 金沢市立中央小学校での実験の様子 撮影：小曾根菜摘
- 図6 金沢市立明成小学校での実験の様子 撮影：大岡文乃
- 図7 金沢市立西小学校での実験の様子 撮影：谷村祐美
- 図8 金沢美術工芸大学での実験用シートの製作の様子 撮影：宮田義廣
- 図9 金沢市民芸術村での実験の様子 撮影：石田郁子
- 図10 地球観測衛星「Terra」によって撮像された金沢市民芸術村の大和広場。画像中央の広場の中心に周囲より黒く表示されたポイントが、黒いシートで覆われたことで芝生から発するはずの近赤外線が遮断された箇所。ERSDAC のプロダクト ASTER VNIR L3A01 Ortho Band3N (0.78-0.86 μ m)。[ASTER Level 3A01 : (C) METI and NASA 2010 : Distributed by ERSDAC]
- 図11 「ALOS (だいち)」試験用モデル 宇宙航空研究開発機構筑波宇宙センター内スペースドーム 撮影：筆者
- 図12 南極昭和基地に設置された PALSAR 用コーナーフレクター「南極観測のホームページ」国立極地研究所
<http://www.nipr.ac.jp/jare/now/back47/20060426.html> (2012年10月30日)
- 図13 トライアングル型 CR 撮影：石田郁子
- 図14 ヘキサゴン型 CR 撮影：筆者
- 図15 大型乗用車の側面と舗装道路のアスファルト面を利用した L 字型 CR 撮影：筆者
- 図16 キューブ型 CR。素材は発泡スチロール板とアルミ箔加工された紙を使用しており、組み立てや運搬が容易で軽量。撮影：筆者
- 図17 CR の性能比較実験を行ったホリ牧場 (石川県河北郡内灘町) 撮影：筆者
- 図18 「PALSAR」用 CR の性能比較実験で得られた結果を表した 2010年10月14日に撮像された画像。[PALSAR Level 4.1: Processed by ERSDAC, Observed raw data: Belong to METI and JAXA]
- 図19 2010年10月14日に撮像した金沢美術工芸大学グラウンド。画像中央の黒い個所がグラウンド。
[ALOS / PALSAR FBD モード] [PALSAR Level 4.1: Processed by ERSDAC, Observed raw data: Belong to METI and JAXA]
- 図20 2010年11月29日に撮像した金沢美術工芸大学グラウンド。図19で示したグラウンドの右側に、明るく色が変化した箇所が現れ、「PALSAR」が CR を感知したことがわかる。
[ALOS / PALSAR FBD モード] [PALSAR Level 4.1: Processed by ERSDAC, Observed raw data: Belong to METI and JAXA]
- 図21 図19と図20を重ね合わせて比較し、コンピュータ上で変化抽出を行った後の画像。変化の量が大きかった画像中央の明るい点の箇所が、11月29日に CR を設置した金沢美術工芸大学のグラウンドの東側と同じ位置と

なっている。

図22 「PALSAR」の実験場所にて実施された信号受信に使用されたアンテナ〔上田尚宏によるメディアパフォーマンス〕。

図23 筆者によるメディアパフォーマンス『ノアのはこぶ絵』内で受信された気象衛星「NOAA」からの衛星画像。奇しくもアームストロングが亡くなった2012年8月25日にアークスタジオの主催にて実施。

参考文献

鈴木浩之「宇宙芸術の変遷～人工衛星を中心として」『金沢美術工芸大学 紀要 57号』金沢美術工芸大学、2013年

佐竹 誠 松岡建志 梅原俊彦 灘井章嗣 浦塚清峰（情報通信研究機構 電磁波計測研究センター） 森山敏文（宇宙航空研究開発機構）「ALOS衛星搭載レーダのポラリメトリック較正のための偏波選択型電波反射鏡」『第507回日本学術会議 電気電子工学委員会 URSI 分科会 非電離媒質伝搬・リモートセンシング小委員会 資料』、2006年9月15日

（すずき・ひろし 油画専攻／メディアアート）
（2012年10月31日 受理）