

## 第4章 ユビキタスネット技術を活用した地球環境観測

平成16年12月に開催された第42回総合科学技術会議において、「地球観測の推進戦略」が意見具申された。この中で喫緊に対応すべき5つのニーズとして、①地球温暖化に関わる現象解明、②水循環の把握と水管理、③対流圏大気変化の把握、④風水害被害の軽減、⑤地震・津波被害の軽減が挙げられている。これらのニーズに対してリモートセンシング技術が提供できるソリューションについて述べていく。

### 1 人工衛星搭載センサー開発

人工衛星からの観測では、陸地のみならず海洋も含む広範囲の領域のモニタリングが可能である。特に温暖化気体排出は今後排出権取引なども関連して国家間の監視が重要となることから、衛星観測により全地球的な観測を定期的に行う必要があり、人工衛星を用いた観測が強く求められる。

これまでわが国で行われてきた衛星による地球観測のなかで、主に地球温暖化に関係するものを紹介する。総合的な地球変動に関する観測を目的とした、みどり(ADEOS)<sup>33</sup>、みどり2(ADEOS-II)はそれぞれ1996年および2002年に打ち上げられたが、いずれも衛星故障により観測は短命に終わった。みどり2においては、水蒸気、降水量、土壌水分などがマイクロ波放射計により観測され、海洋、陸域バイオマスや雲、エアロゾル等の観測が光学センサーにより行われた。このほかに、極域のオゾンや成層圏微量ガス観測が赤外分光観測により行われた。この中で赤外分光観測技術は、その延長として、CO<sub>2</sub>の観測を目的とするGOSAT<sup>34</sup>衛星に搭載される予定であり、2007年打上げをめざして開発が進められている。宇宙から、地球規模のCO<sub>2</sub>排出量を観測する試みは、京都議定書の発効とともにその重要性を増している。計画では森林や海洋による吸収量(あるいは放出量)を調べるとともに、将来的には国毎の排出量を測定することを目的としている。以降「3 リモートセンシング技術活用の例」では、光学センサーを用いた森林によるCO<sub>2</sub>吸収量把握の試みについて示す。

降水や雲の分布は、みどり2などに搭載された受動センサーを用いた二次元的な観測により行われてきたが、三次元分布を観測するレーダー観測への要求が強い。わが国では世界に先駆けて、マイクロ波帯の衛星搭載降雨レーダーを開発し、1997年に日米協力によるTRMM<sup>35</sup>衛星として観測を開始した。この観測は、降雨の三次元構造解明による熱の輸送の解明やエル・ニーニョ等の異常気象による地球規模降雨分布の変化を初めて測定し大きな成果を上げた。TRMMの後継機としてGPM<sup>36</sup>計画が同じく日米協力により進められている。

<sup>33</sup> ADEOS : Advanced Earth Observing Satellite (地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」)

<sup>34</sup> GOSAT : Greenhouse gases Observing Satellite (温室効果ガス観測技術衛星)

<sup>35</sup> TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission (熱帯降雨観測衛星)

<sup>36</sup> GPM : Global Precipitation Measurement (全球降水観測計画)

同じくレーダー技術を用いて、雲の三次元分布を測定する雲レーダーの開発が進められている。現在雲は地球温暖化の予測モデルの中で最も大きな誤差要因と考えられ、温暖化予測精度向上のために、地球規模の雲観測が強く求められている。特に雲の高さ構造は、大気加熱、冷却を左右する重要な要素であるため、雲のレーダー観測が必要である。雲を観測するためには、降雨を観測するマイクロ波ではなくミリ波（94 GHz 帯）を使ったレーダーが必要であり、このための技術開発が情報通信研究機構で行われている。

## 2 地上からの環境観測

人工衛星を用いた観測では地球全体の観測が可能となるが、一つの現象の時間的な変化を連続的に観測するには向いていない。地上からのリモートセンシングでは観測範囲が比較的小さくなる反面、固定点での連続観測が可能になる、電力やセンサーの大きさなどに制限が少ないなどの利点がある。

地上からのリモートセンシングによる地球環境計測は現業および研究目的で様々な機関が行っているため、ここでは一例を挙げるに留める。情報通信研究機構では、米国アラスカ大学地球物理学研究所と協力し、高度 10-100 km の中層大気と呼ばれる領域を対象としたリモートセンシング技術の開発を進めている。アラスカ州フェアバンクス郊外を中心に 9 種類の装置を展開し、観測を続けている。この中には、大気微量成分を計測するフーリエ変換型赤外分光器など、越境汚染大気計測などで実績をあげている機器もある。これらの機器は人工衛星等飛翔体に搭載される前段階の開発との位置付けも可能である。この観測で得られたデータは APAN<sup>37</sup>、TransPAC<sup>38</sup>といった高速実験回線によって自動的に転送され、東京の情報通信研究機構小金井本部にて収集・解析・公開がほぼ自動で行われる。

## 3 リモートセンシング技術活用の例 — 森林による CO<sub>2</sub> 吸収量把握<sup>39</sup>

CO<sub>2</sub> の各種計測手法については前述の通りであるが、ここでは、リモートセンシング技術の活用例として、NTT データと岐阜大学にて先進的に取り組まれている森林による CO<sub>2</sub> 吸収量把握の例を説明する。

京都議定書において森林は CO<sub>2</sub> の吸収源として位置づけられている。森林による CO<sub>2</sub> 吸収量を把握するためには、1990 年以降の新規植林、再植林、森林減少の 3 つの活動（ARD<sup>40</sup>活動）や、京都メカニズムで取り組まれた植林等の活動による吸収源の増減量をモニタリングする必要がある。具体的には、対象エリアの面積やエリア内の樹木本数、樹種や樹木の占有面積等、及びその変化量を把握する必要がある。

<sup>37</sup> APAN : Asia-Pacific Advanced Network (アジア太平洋高度研究情報ネットワーク)

<sup>38</sup> TransPAC : Trans Pacific (太平洋横断日米回線)

<sup>39</sup> 小阪尚子、宮崎早苗、新井啓之、桑田喜隆：商用高分解能衛星による森林域の状況把握、NTT 技術ジャーナル 17(3), pp.93-96(2005)

<sup>40</sup> Afforestation, Reforestation, Deforestation の頭文字をとったもの。

・ 商用高分解能衛星画像を利用した情報抽出技術

我が国の森林は主に山岳地に存在するため、地上での森林調査では、斜面に生育している木々を調査員が一本一本調べている。これは膨大な作業時間を要し、全国規模で全ての森林域を同じように調査することは事実上不可能であった。

我が国の森林調査では古くから航空写真を使用していた。航空写真は、分解能（1画素の観測サイズ）が15 cm程度で樹木構造の微細な部分まで撮影できるが（図19 (a)）、撮影面積は限られていた。

1970年代に最初の地球観測衛星ランドサットが打ち上げられてからは衛星画像の利用が進んできた。しかし、中分解能衛星により撮影された衛星画像は、撮影面積は広いが、分解能が30 m程度であったため、地表の詳細な状況を把握することはできなかった（図19 (b)）。

1999年以降にSPOT衛星、OrbView衛星など商用の高分解能衛星が打ち上げられ、画像分解能はカラーで2.44 m、白黒で0.61 mで衛星画像が取得できるようになった（図19 (c)）。これにより広域の森林を詳細に観測できることから、森林観測への利用に対する期待が高まっている。

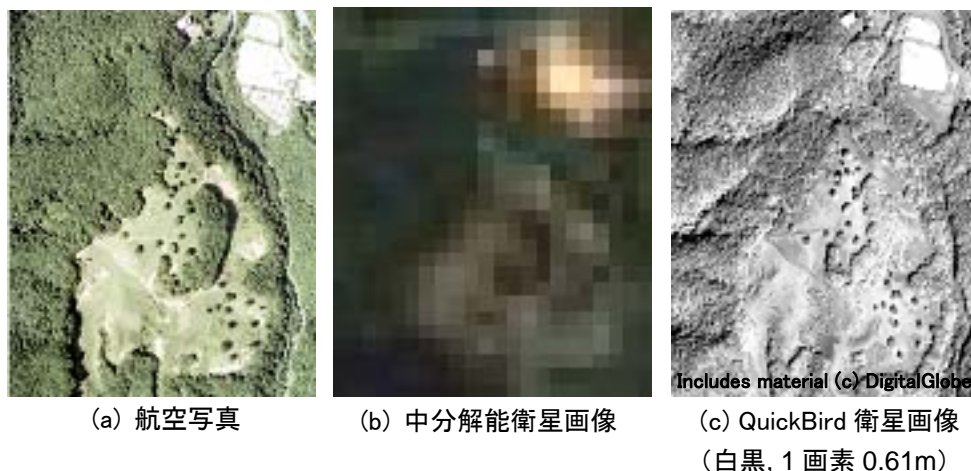
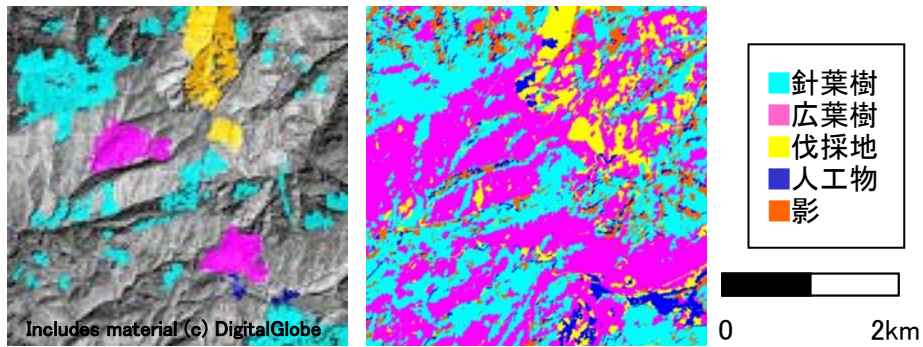


図19 航空写真と中分解能衛星画像

・ 樹種（針葉樹・広葉樹）の分類

樹木の構造により、画像上での模様には差が生じ、樹木の種類（針葉樹、広葉樹）を見分けることができる。例えば、針葉樹の場合は、木の形が天に向かって鋭角的であるため、濃淡の差が大きい細かな模様で表される。一方、広葉樹の場合は、木の形が水平方向に広がっているため、濃淡の差が小さい粗い模様で表される。図20 (a)は人間が高分解能の航空写真から判読した結果、図20 (b)は衛星画像解析により樹種を分類した結果を示している。



(a) 人間が判読した結果 (b) 衛星画像による解析結果

図 20 樹種分類結果

・ 樹木占有面積と樹木本数の推定

樹の梢の部分は日が当たり画像上でも明るく表示され、樹の間の部分は日が当たりにくく影になるので画像上でも暗く表示される。この特徴を利用して、ある値以上の明るさを有する画素を樹の部分として抽出する。図 21 (a)は、解析対象の衛星画像の一部、図 21 (b)は同領域内の樹木の占有面積を抽出した結果を赤色で示している。

樹の梢の部分は最も日が当たりやすく影ができてにくいので、画像上では樹の内部で最も明るく表示される。従って、3×3の画素の中で中心の画素が最も明るい場合、そこを梢の候補とする。図 21 (b)の樹木占有エリア内のみ抽出した梢の位置は、図 21 (c)の赤色の点である。この点を数えることで樹木の本数を把握することが可能である。

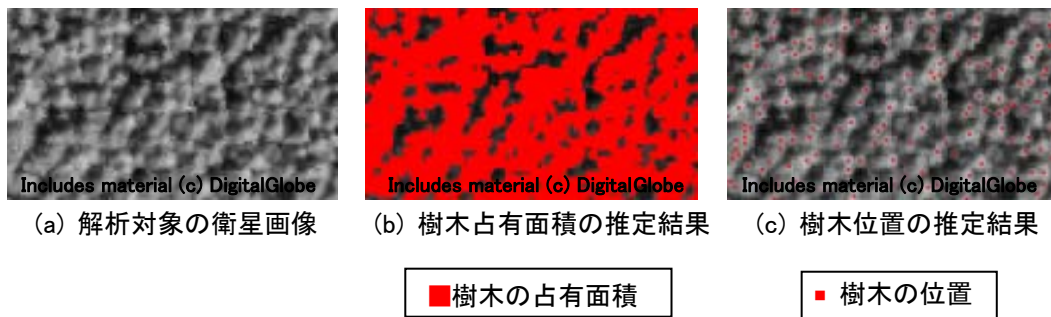


図 21 樹木占有面積推定結果と樹木位置の推定結果

・ 地上調査でのユビキタスネットワーク技術の活用

用途によってはより精度の高いデータが必要になる場合もある。衛星画像から得られたデータと地上でのピンポイントでの観測とを組み合わせることで、精度の高いデータを効率よ

く収集することができる。地上調査においては、GPSによる位置情報把握、PDAによる情報共有などモバイル技術の活用が検討されている。

この技術はもちろん、森林だけではなく、都市部でのヒートアイランドの把握、河川・湖沼・海洋の水質把握などにも活用できるため、一度構築すれば自然環境を総合的にカバーする観測システムとして機能する。また、風水害、森林火災などの状況把握などリスクマネジメントへの活用も考えられる。