

平成 27 年関東・東北豪雨を事例とした合成開口レーダ(SAR)衛星の利活用検討

国際航業株式会社 正会員 ○本田 謙一 非会員 藤平 啓
非会員 浅田 典親 正会員 虫明 成生

1. はじめに

合成開口レーダ(以下 SAR)は、雲の影響を受けないことや水域の判別がしやすいことなどから、洪水時の浸水範囲抽出に適しているとされている¹⁾。しかし、SARを搭載した人工衛星(以下 SAR 衛星)は運用されている数が少なく観測機会が限られていたことなどから、実利用には課題があった。

そのような状況の中、2014 年春に日本により ALOS-2 が、欧州により Sentinel-1 が打ち上げられるなど、様々な SAR 衛星が各国で運用され、観測頻度の増加と共に、日本でも容易にデータを入手できるようになってきている。平成 27 年 9 月関東・東北豪雨²⁾でも、発災の直前から複数の SAR 衛星で繰り返し観測が行われた。

そこで、本検討では、日本で入手できる SAR 衛星の観測仕様を整理すると共に、豪雨で特に大きな被害を受けた常総市を対象とし、COSMO-SkyMed による撮影要求からデータ取得までの事例と、観測された SAR データを用いた常総市周辺の浸水範囲抽出結果から、利活用へ向けた検討を行った。

2. 主な SAR 衛星の諸元と運用方法

日本国内で一般的に入手できる主な SAR 衛星の主な仕様を表 1 に示す。SAR は能動型センサであり、地表面の凹凸状況に応じた電波の反射強度(後方散乱)と位相を観測している。また、SAR 衛星は観測波長によって X,C,L バンド等に分けられる。さらにユーザーの観測要求が可能な COSMO-SkyMed などの衛星と、基本観測に沿った定期的な観測が主体となる ALOS-2 や Sentinel-1 などの衛星に大別される。

表 1 日本で入手できる主な SAR 衛星の仕様

SAR衛星名	運用国	衛星の数	観測バンド	分解能 [m]	観測幅	観測要求	備考
ALOS-2	日本	1	L	3	50km	原則不可	
Sentinel-1	欧州	2*	C	5×20	250km	不可	無料公開
RADARSAT-2	カナダ	1	C	3-8	50km	可能	
COSMO-SkyMed	イタリア	4	X	3.3-3.5	40km	可能	
TerraSAR-X	ドイツ	3	X	3	30km	可能	

*2016/4/22 2機目の打ち上げ予定

また、SAR 衛星は観測波長によって X,C,L バンド等に分けられる。さらにユーザーの観測要求が可能な COSMO-SkyMed などの衛星と、基本観測に沿った定期的な観測が主体となる ALOS-2 や Sentinel-1 などの衛星に大別される。

日本が打ち上げた ALOS-2 は宇宙航空研究開発機構(JAXA)による基本観測計画に従った観測と、災害時の緊急観測が行われる。一般ユーザーからの観測要求は原則として不可能であるが、日本国内は優先して観測しているため、国内のデータの取得頻度は高い。Sentinel-1 も欧州宇宙機関(ESA)による基本観測計画に従った観測を行っており、現在では、島嶼部を除く日本全国を、北行軌道と南行軌道のそれぞれを 28 日周期で観測している。災害に伴う緊急観測は行っていない。しかし、すべてのデータは 24 時間以内に無料で公開されており、商用利用も可能である。また、2016 年 4 月 22 日には同型機が打ち上げ予定であり今後は 2 機体制で運用が行われる。

3. SAR 衛星による常総市の観測

3.1 災害発生と SAR 観測状況

平成 27 年関東・東北豪雨において、鬼怒川流域では 9 月 9 日から 10 日の未明まで上流に雨が降り続き、常総市の水海道水位観測所では 9 月 10 日 12:00 に水位がピークに達した。常総市三坂町における堤防の決壊は 12:50 頃に発生した。表 2 には SAR 衛星による常総市周辺の観測状況を示す。定常観測を行っている ALOS-2 および Sentinel-1 では、堤防が決壊する直前の画像が得られた。また、ALOS-2 および COSMO-SkyMed では浸水が最も広がっていた 9 月 11 日に観測が行われた。

表 2 災害の発生時間と SAR 衛星による常総市周辺の観測時間

Day	Time	
2015/9/9	10:00頃	台風18号 知多半島に上陸
2015/9/10	5:40	Sentinel-1 観測
2015/9/10	6:00頃	鬼怒川複数地点で越流発生
2015/9/10	11:42	ALOS-2 PALSAR-2 観測
2015/9/10	12:00	鬼怒川水海道で最高水位を記録
2015/9/10	12:50	常総市三坂町 堤防決壊
2015/9/11	17:12	COSMO-SkyMed 観測
2015/9/11	22:56	ALOS-2 PALSAR-2 観測
2015/9/12	5:16	COSMO-SkyMed 観測
2015/9/12	5:52	TerraSAR-X 観測
2015/9/12	12:25	ALOS-2 PALSAR-2 観測
2015/9/12	17:44	RADARSAT-2 観測

表 2 には SAR 衛星による常総市周辺の観測状況を示す。定常観測を行っている ALOS-2 および Sentinel-1 では、堤防が決壊する直前の画像が得られた。また、ALOS-2 および COSMO-SkyMed では浸水が最も広がっていた 9 月 11 日に観測が行われた。

キーワード 衛星リモートセンシング, 合成開口レーダ, COSMO-SkyMed, 浸水範囲抽出

連絡先 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 国際航業株式会社 TEL042-307-7211

13日以降も ALOS-2 では災害対応として JAXA により観測が継続され、19 日までの毎日撮影が行われた。

3. 2 COSMO-SkyMed による緊急観測

本検討では、決壊の情報に対し COSMO-SkyMed による緊急観測を計画した。緊急観測要求の流れを表 3 に示す。COSMO-SkyMed 衛星による常総市撮影の要求は堤防決壊直後の 10 日夕方に行い、翌 11 日の夕方に観測を実施した。観測データは 12 日未明に入手した。

以上のように、衛星の運用体制に応じて、各種 SAR 衛星の定常観測と災害時の緊急観測を併用することで、災害前から災害後の観測機会を確保することができる。

4. SAR 衛星による浸水範囲抽出

得られた SAR 衛星データを用いて、常総市周辺の浸水範囲抽出を行った。9 月 11 日に観測された COSMO-SkyMed による浸水範囲抽出結果を図 1 に、Sentinel-1 による広域の浸水範囲抽出結果を図 2 に示す。

COSMO-SkyMed は分解能が高いため、詳細に浸水域の把握が行える。電波の反射強度を示す後方散乱係数の閾値処理(二値化処理)を行って浸水域を抽出した結果、国土地理院が公開した 9 月 11 日 13:00 時点の浸水範囲とほぼ一致していた。

Sentinel-1 では堤防決壊の前に撮影された 9 月 10 日の画像と、同一の観測仕様で撮影を行っていた 8 月 17 日の画像との後方散乱係数の差分解析を行った。分解能は比較的低いが、非常に広域を一度に観測できるため、鬼怒川と渡良瀬川の上流部が堤防決壊前から増水していた様子がよく捉えられている。

5. まとめ

本検討では平成 27 年 9 月関東・東北豪雨で被害を受けた常総市を対象とし、SAR 衛星を用いた洪水時の利活用へ向けた検討を行った。

初めに、SAR 衛星の運用体制を整理し、災害発生に対して観測頻度が向上していること、衛星の運用が柔軟に行えることを示した。また、浸水範囲抽出結果から、複数の SAR 衛星を併用することで詳細かつ広域に災害前後の浸水範囲を捉えられることを示した。

以上の結果より、複数の SAR 衛星を組み合わせることで、洪水時の SAR 衛星の利用可能性が向上していることが分かった。

参考文献

- 1) 嶋影 純, 山崎文雄, リュウウエン, 野中崇志, 笹川 正, ASTER と TerraSAR, X 画像を用いた 2011 年タイ洪水における浸水域の把握, 第 55 回日本リモートセンシング学会学術講演会要旨, VI) 1. 55, pp. 101-104, 2013.
- 2) 国土地理院: 台風第 18 号及び第 17 号による大雨(平成 27 年 9 月関東・東北豪雨)等に係る被害状況等について, <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27.taihuu18gou.html>.

表 3 COSMO-SkyMed の撮影要求の流れ

Day	Time	
2015/9/10	12:50	常総市三坂町 堤防決壊
2015/9/10	16:00頃	COSMO-SkyMed プロバイダへ観測要求
2015/9/11	17:12	COSMO-SkyMed 観測
2015/9/12	3:00頃	COSMO-SkyMed データ入手
2015/9/12	夕方	Web公開

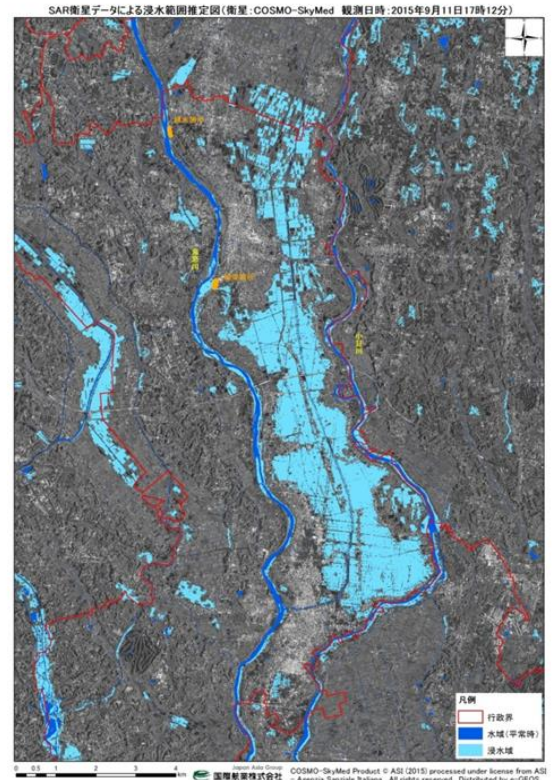


図 1 COSMO-SkyMed による常総市周辺の浸水範囲抽出(9/11 17:12 時点)

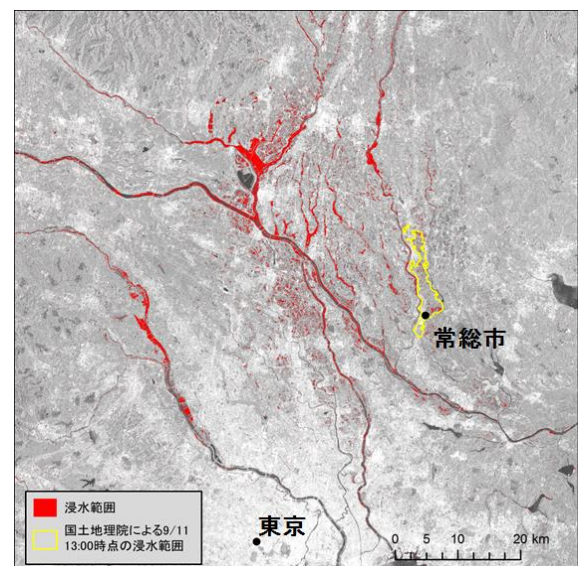


図 2 Sentinel-1 による広域の浸水範囲抽出(9/10 5:40 時点)