ISSN 1346-7328 国総研資料 第 1159 号 令和3年4月

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1159

April 2021

災害時における合成開口レーダ(SAR)の散乱変化事例解説集

鈴木大和・松田昌之・中谷洋明

Expository casebook of scattering changes in synthetic aperture radar (SAR) in time of disaster

SUZUKI Yamato MATSUDA Masayuki NAKAYA Hiroaki

# 国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

### 災害時における合成開口レーダ(SAR)の散乱変化事例解説集

#### 鈴木大和\* 松田昌之\*\* 中谷洋明\*\*\*

# Expository casebook of scattering changes in synthetic aperture radar (SAR) in time of disaster

SUZUKI Yamato\*, MATSUDA Masayuki\*\*, NAKAYA Hiroaki\*\*\*

#### 概要

夜間や悪天候のために光学センサの使用が困難な災害時にはSARの散乱変化に基づく 調査を実施することが有効であり、多種多様なSARの散乱変化特性について幅広く理解 しておくことが求められる。

本資料は、近年の災害事例を用いてSARの散乱変化の特徴と判読上の留意事項を解説し、 SAR画像による土砂災害判読の調査要領を提案した。

キーワード:合成開口レーダ(SAR)、散乱変化、後方散乱、土砂災害

Synopsis

In time of disaster, it is useful to utilize survey results based on scattering changes of SAR when it is difficult to collect information using optical sensors during the night or bad weather. It is essential to have a broad understanding of various scattering changes of SAR.

This casebook explains scattering change of SAR in recent disaster cases in terms of characteristics and its pitfalls, and shows a survey procedure to better the interpretation of sediment-related disasters using SAR images.

Key Words: Synthetic Aperture Radar (SAR), Scattering Change, Backscatter Intensity, Sediment-related Disaster

*	土砂災害研究室研究官	Researcher, Sabo Risk-Management Division
**	前土砂災害研究室交流研究員	Former Guest Research Engineer, Sabo Risk-Management Division
***	土砂災害研究室長	Head, Sabo Risk-Management Division

### はじめに

国土交通省は、迅速かつ的確な災害対応を実現するため、2017年に国立研究開発法 人宇宙航空研究開発機構(以下、「JAXA」という。)と「人工衛星等を用いた災害に関す る情報提供協力に係る協定」を締結した。これにより、災害初動時に被災状況を把握す る場面において衛星画像が活用される機会が増えてきた。

当研究室は、JAXA と「陸域観測技術衛星2号「だいち2号」による土砂災害監視手法の開発に関する共同研究」を実施し、2020年4月に国土技術政策総合研究所資料第1110号「合成開ロレーダ(SAR)画像による土砂災害判読の手引き(以下、「判読ガイドライン」という。)」<sup>1)</sup>を公表した。

判読ガイドラインでは、土砂災害の発生によって生じる SAR の散乱変化に着目して、 土砂災害の発生状況を調査する方法を示した。これにより、判読者の経験差や見識の違い等による判読結果の誤差を軽減し、判読技術の一般化が図られる効果が期待される。

しかし、土砂災害発生に伴う侵食・堆積の状況は様々であり、不規則な SAR の散乱変 化を示す場合がある。さらに、土砂災害を引き起こすような豪雨や地震の後には、国土 やインフラが被災・消失・流失する等、災害前の状況と大きく変化している場合が想定 される。

SARの散乱変化に基づく土砂災害判読調査を実施する際には、多種多様な SAR の散乱 変化特性を理解しておくことが有効である。

本資料は、近年の災害事例を用いて SAR の散乱変化の特徴と判読上の留意事項を解説 した。災害時における SAR の散乱変化の傾向を整理し、SAR 画像による土砂災害判読の 調査要領を提案した。

SAR 画像を用いた土砂災害判読の理解を深めるための技術資料となるとともに、SAR 画像を利用した災害時における国土・インフラ分野における監視技術の発展に繋がれば 幸いである。

2021年4月 土砂災害研究部 土砂災害研究室

#### [本資料が扱う SAR 画像と災害事例]

本資料は、JAXA が運用する陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(以下、「ALOS-2」という。)に搭載されたLバンド SAR (PALSAR-2)の高分解能モード (Strip map)によって観測された分解能 3m の HH 単偏波の SAR 画像を使用した<sup>2)</sup>。したがって、本資料はL バンドの HH 偏波における SAR の散乱変化特性について事例解説するものである。

SAR の散乱変化については、判読ガイドラインに従って生成した強度差分 SAR 画像を 使用する。

本資料が解説する事例は、ALOS-2の運用開始(2014年秋)~現在までに発生した豪 雨・地震・火山噴火のうち、ALOS-2による災害前後の観測実績がある事象を取り挙げ る。

目次

1. 合.	成開ロレーダ(SAR)の散乱	
1.1	後方散乱	1
1. 2	前方散乱	2
1.3	2 回散乱	3
1.4	体積散乱	4
1.5	局所入射角との関係	5

### 2. 災害時における SAR の散乱変化

2.1	災害時における SAR の散乱変化に対する考え方	_ 6
2. 2	災害時における SAR の散乱変化モデル	7

#### 3. 災害時における SAR の散乱変化の事例解説

A)	農地や道路に対する土砂の堆積	11
B)	流木等の漂流	16
C)	河道閉塞による湛水(天然ダム)	19
D)	浸水・洪水	22
E)	橋梁の流失	27
F)	森林斜面の崩壊(馬蹄形)	31
G)	森林斜面の崩壊(細長形)	37
H)	裸地斜面の崩壊	40
I)	住宅地に対する土砂の堆積	43
J)	建物・構造物の倒壊	46
K)	降灰	48
L)	火砕流の流下	50

4. 災害時における SAR の散乱変化を踏まえた判読調査要領

4. 1	災害時における SAR の散乱変化の傾向	_ 52
4. 2	SAR 画像による土砂災害判読の調査要領	_54
4. 3	その他留意事項	_ 55

参考文献	56
強度差分 SAR 画像の諸元	57

### 1. 合成開ロレーダ (SAR) の散乱

高度数百 km 上空を巡回する人工衛星に搭載された SAR は、マイクロ波(電波の一種)を地表に向けて斜め下方向に照射し、反射して戻ってきたマイクロ波を高い分解 能で観測する。SAR による観測では、後方散乱強度・位相・偏波の3種類の情報を取 得するが、本章では後方散乱強度に関係する4種類の散乱について解説する<sup>3)、4)、5)</sup>。

#### 1.1 後方散乱

SARから照射されたマイクロ波は、地表面で地面・森林・建物等の地物に衝突した 後に様々な方向に散乱する。このうち、マイクロ波の照射方向に向かって発生した散 乱だけが衛星によって観測できる反射波となる。マイクロ波の照射された向きに対し て後方への散乱であることから、この反射波は「後方散乱(backscatter)」と呼ばれ る。

この後方散乱の強さを色階調に割り当て、強くなるほど明るく、弱くなるほど暗く なるように可視化すると「SAR強度画像」となる。

後方散乱が強く発生しやすい場所としては凹凸に富み、様々な方向に散乱が発生し やすい形状が挙げられる。

#### 【後方散乱】

地表面で発生する散乱のうち、マイクロ波の照射方向に対して後ろ向きに 発生する散乱。

後方散乱は凹凸に富んだ形状の場所で強く発生するが、対象物の構造や向き により強さは異なる。



図-1.1 後方散乱の概念(左)および後方散乱を示す SAR 強度画像の例(右)

#### 1.2 前方散乱

起伏のない平坦な地物に対して SAR からマイクロ波を照射すると、鏡面反射によっ てマイクロ波の照射方向に散乱が強くなり、後方散乱が得られない。マイクロ波の照 射された向きに散乱することから、「前方散乱」と呼ばれる。

湖沼・大規模河川など波の立たない静水面や、駐車場、運動場、大規模建築物の平 屋根などにおいて前方散乱が強くなり、これらの平らな地物からは反射波を観測する ことができないため、前方散乱が強く発生する場所は SAR 強度画像上で暗い領域とし て表現される。

#### 【前方散乱】

地表面で発生する散乱のうち、マイクロ波の照射方向に発生する散乱。 起伏のない平地では鏡面反射によって前方散乱が強くなる。



図-1.2 前方散乱の概念(左)および前方散乱を示す SAR 強度画像の例(右)

#### 1.3 2回散乱

SARからマイクロ波を照射した方向に正対する向きで建築物など垂直に地物が立っている場合、地表面と壁面で2回の反射が発生し、マイクロ波の照射方向に向かって 折り返して強い反射波が発生する。このように対象物による後方散乱に加えて、後方 散乱が非常に強くなることを「2回散乱」という。

SAR 強度画像において2回散乱が発生した場所は強い後方散乱によって非常に明る い色の領域として示される。

#### 【2回散乱】

地面で反射した前方散乱がマイクロ波の照射方向に正対する構造物によって再び反射した散乱。

極めて強い後方散乱として観測される。



図-1.3 2回散乱の概念(左)および2回散乱を示す SAR 強度画像の例(右)

#### 1.4 体積散乱

樹木・植物など、枝や葉が入り組んだ複雑な立体構造を持つ地物では、立体構造内 であらゆる方向に散乱が発生する。このような散乱形態を「体積散乱」と呼ぶ。

通常の散乱と違う点として、立体構造の中をマイクロ波が通り抜けながら様々な場 所で反射した結果、全方位に対して散乱が発生するため、一様な面での反射に比べる とぼやけた散乱状況となる。また、地形効果を除けば、異なる方向から照射されても 後方散乱の強さにあまり変化が見られない。

#### 【体積散乱】

複雑な立体構造の中をマイクロ波が通り抜けながら様々な場所で反射 した散乱。

体積散乱は構造物と比べると後方散乱の強度は低く、ぼやけたように 視認される。



図-1.4 体積散乱の概念(左)および体積散乱を示す SAR 強度画像の例(右)

#### 1.5 局所入射角との関係

散乱面の平滑度に加えて、後方散乱強度は散乱面に入射する角度(以下、「局所入射 角」という。)に依存する。

図-1.5 に示すように、一般的に局所入射角が大きくなると後方散乱強度は小さくな る傾向がある。粗い散乱面と比較して、滑らかな散乱面に対しては局所入射角が大き く影響する。森林において卓越する体積散乱は、局所入射角に応じた後方散乱強度の 変化が小さい<sup>6)</sup>。



図-1.5 散乱面の粗さに対する後方散乱強度と入射角との関係

### 2. 災害時における SAR の散乱変化

#### 2.1 災害時における SAR の散乱変化に対する考え方

本章では、災害時における SAR の散乱変化の考え方を示す。

災害時における SAR の散乱変化とは、災害前と災害後に観測した SAR の後方散乱強度を比較した結果であり、下記の2種類に大別することができる。

・災害前と比較して、災害後の後方散乱強度が上昇する場合

・災害前と比較して、災害後の後方散乱強度が低下する場合

SARの散乱変化を理解する際には複雑多岐にわたる散乱要因を考慮しなければならないが、すべての影響を正確に考慮することは困難である。

そして、災害初動時には SAR の散乱変化に基づく調査結果を迅速に活用する必要が あるため、ある程度簡略化した解釈が必要である。

このため、本資料では各種散乱の影響を以下のようにモデル化(以下、「散乱変化モデル」という。)した。

なお、災害時における SAR の散乱変化の一部には、水田の湛水・森林伐採等の人為 的な影響が含まれる場合がある<sup>1)</sup>。散乱変化モデルでは、災害の発生によって SAR の 散乱が変化した蓋然性が最も高いと仮定し、災害時の SAR の散乱変化については人為 的影響を区別せずに考えることとする。

#### 2.2 災害時における SAR の散乱変化モデル

SARの散乱には後方散乱・前方散乱・2回散乱・体積散乱の種類があり、土地利用 や土地被覆に応じて特定の散乱が卓越することを述べた。したがって、災害時におけ る SARの散乱変化は、被災状況を一定程度示すものと考えられる。

災害後に後方散乱強度が上昇する散乱変化モデルを下記の2種類とする。

#### (a) 散乱面の発生

後方散乱が弱い滑らかな散乱面に対して、災害によって別の散乱体が流入して散乱 面の粗度が高まった場合の散乱変化。災害後の後方散乱を強める散乱が現れることか ら「散乱面の発生」と呼ぶ。

#### (b) 2回散乱の発生

災害によって高低差が発生し、新たに2回散乱が生じた場合の散乱変化。災害後の 後方散乱を強める2回散乱が生じることから「2回散乱の発生」と呼ぶ。

なお、体積散乱が発生すると後方散乱強度が上昇するが、本資料では災害による変 化として発生頻度が低いと想定して散乱変化モデルには示さない。

災害後に後方散乱強度が低下する散乱変化モデルを下記の3種類とある。

#### (c) 散乱面の消失

後方散乱が卓越する粗い散乱面に対して、災害によって散乱面の平滑度が高まった 場合の散乱変化。災害前の後方散乱が失われることから「散乱面の消失」と呼ぶ。

#### (d) 体積散乱の消失

災害によって体積散乱が卓越する散乱体が失われて、散乱面の平滑度が高まった場 合の散乱変化。災害前の体積散乱による後方散乱が失われることから「体積散乱の消 失」と呼ぶ。

#### (e) 2回散乱の消失

災害によって高低差がなくなり、2回散乱が失われた場合の散乱変化。災害前の2 回散乱による強い後方散乱が失われることから「2回散乱の消失」と呼ぶ。 また、特定の土地利用や土地被覆の場合、局所入射角に応じて後方散乱強度が変化 する。すなわち、災害によって地形変化等が生じて局所入射角が変わると、SARの散 乱変化が生じるものと考えられる。

災害による地形変化等によって散乱が変化するモデルを下記とする。

#### (f) 散乱面の変形

災害による地形変化等が生じて、局所入射角が変化した場合の散乱変化。地形変化 等によって後方散乱を変化することから「散乱面の変形」と呼ぶ。

### 3. 災害時における SAR の散乱変化の事例解説

近年の災害時における下記 A) ~L)の事例について、SAR の散乱変化の特徴と留意 事項を解説する。

#### A) 農地や道路に対する土砂の堆積

- A-1 平成 30 年 7 月豪雨(呉市安浦地区)
- A-2 平成 30 年 7 月豪雨 (高屋 JCT)
- A-3 平成 30 年北海道胆振東部地震(厚真町高丘地区)
- A-4 [例外] 細粒な土砂の堆積

#### B) 流木等の漂流

- B-1 平成29年7月九州北部豪雨(寺内ダム)
- B-2 令和2年7月豪雨(八代海)

#### C)河道閉塞による湛水(天然ダム)

- C-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨(日田市小野地区)
- C-2 平成 30 年北海道胆振東部地震(日高幌内川)

#### D) 浸水・洪水

- D-1 平成27年9月関東・東北豪雨(鬼怒川)
- D-2 平成 29 年 7 月 梅雨前線に伴う大雨(雄物川)
- D-3 令和元年東日本台風(千曲川)
- D-4 [参考] 水田の湛水

#### E) 橋梁の流失

- E-1 平成 28 年熊本地震(阿蘇大橋)
- E-2 令和2年7月豪雨(深水橋)
- E-3 [参考] 橋梁の新設

#### F) 森林斜面の崩壊(馬蹄形)

- F-1 平成28年熊本地震(大津町瀬田地区)
- F-2 平成 29 年 7 月九州北部豪雨(乙石川)
- F-3 [例外] 草地斜面の崩壊
- F-4 [参考] 伐採地
- F-5 [参考] 採石場

#### G) 森林斜面の崩壊(細長形)

G-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨(東峰村宝珠山)G-2 平成 30 年 7 月豪雨(呉市安浦地区)

#### H) 裸地斜面の崩壊

H-1 令和2年7月豪雨(雨畑川)H-2 令和2年7月豪雨(球磨村松野地区)

### 1) 住宅地に対する土砂の堆積

I-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨(寒水川)

I-2 平成 30 年 7 月豪雨(総頭川)

#### J)建物・構造物の倒壊

J-1 平成 28 年熊本地震(益城町)

#### K)降灰

K-1 平成 30 年草津白根山の噴火

#### L)火砕流の流下

L-1 平成27年口永良部山の噴火

### A) 農地や道路に対する土砂の堆積

[散乱変化の解説]

農地や道路に土砂が堆積すると、災害後の後方散乱強度が上昇する。 強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

SAR から照射されたマイクロ波は、農地や舗装された道路等の起伏のない平坦な地表 面に対して前方散乱が卓越した散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度が低く なる。災害によって農地や道路等に土砂が流入すると、堆積した土砂がマイクロ波の後 方散乱を促すため、災害後の後方散乱強度が上昇する<sup>1)、7)</sup>。この SAR の散乱変化から、 農地や道路等に土砂が堆積した場所を特定できる場合がある。



図-3.1 農地や道路に土砂が堆積した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 農地や舗装された道路等、災害前が滑らかな地表面である必要がある。
- ・ 幹線道路のような比較的道路幅が広い場合は、散乱変化の視認性が高い。
- ・ 特定の条件下では、災害後に後方散乱強度が低下する場合がある(詳細はP15)。





図-3.2 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(広島県呉市)

水田等の農地として利用されていた場所に土砂が堆積した結果、災害後の後方散乱強 度が上昇する。強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

# A-2 平成 30 年 7 月豪雨 (高屋 JCT)



図-3.3 現地写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(広島県東広島市)

山陽自動車道高屋 JCT 付近にて車道に土砂が堆積した結果、災害後の後方散乱強度が 上昇する。強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。





図-3.4 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(北海道勇払郡厚真町)

水田等の農地として利用されていた場所に土砂が堆積した結果、災害後の後方散乱強 度が上昇する。強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

### A-4 [例外] 細粒な土砂の堆積



図-3.5 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(福岡県朝倉市)

氾濫等によって細粒な土砂が堆積した場合、災害前よりも起伏のない平坦な地表面となるため、災害後の後方散乱強度が低下する。この場合、強度差分 SAR 画像上では赤で示される。

### B) 流木等の漂流

[散乱変化の解説]

流木等が漂流すると、災害後の後方散乱強度が上昇する。 強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

SARから照射されたマイクロ波は、水域のような静水面に対して前方散乱が卓越した 散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度が著しく低くなる。災害によって流木 等が漂流すると、漂流物がマイクロ波の後方散乱を促すため、災害後の後方散乱強度が 上昇する<sup>70</sup>。この SAR の散乱変化から、流木等が漂流する分布を特定できる場合がある。



図-3.6 流木等が漂流した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 災害後の観測から時間が経つと、潮流によって漂流物が移動する可能性がある。
- 災害前から広域に漂流物が分布している・水面を植物が繁茂している場合には、特定することが困難となる。
- ・ 潮流が早い場所の波による散乱変化と見誤る可能性がある。





図-3.7 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(福岡県朝倉市)

寺内ダムの水面に流木等が漂流した結果、災害後の後方散乱強度が上昇する。強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

# B-2 令和2年7月豪雨(八代海)



図-3.8 現地写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(熊本県宇城市)

八代海の沿岸に流木等が漂流した結果、災害後の後方散乱強度が上昇する。強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

### C)河道閉塞による湛水(天然ダム)

[散乱変化の解説]

河道閉塞によって湛水すると、災害後の後方散乱強度が顕著に低下する。 強度差分 SAR 画像上では明瞭に赤く示される。

SARから照射されたマイクロ波は、河道周辺等の地表面の形状や凹凸具合に応じた後 方散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度は一定程度の大きさを示す。災害に よって土砂等が河道を閉塞して湛水域が形成されると、湛水域の水面がマイクロ波の前 方散乱を促すため、災害後の後方散乱強度が著しく低下する<sup>8)</sup>。この SAR の散乱変化か ら、河道閉塞による湛水箇所を特定できる場合がある。



図-3.9 河道閉塞による湛水域が形成された場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 周辺で浸水や洪水が発生すると、散乱変化が同化して視認性に欠ける。
- ・ アーカイブ画像が渇水期の場合、貯水施設における湛水と見誤る可能性がある。

# C-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨 (日田市小野地区)



図-3.10 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(大分県日田市)

河道内に土砂が堆積して湛水域が形成された結果、災害後の後方散乱強度が低下する。 強度差分 SAR 画像上では赤く示される。

また、河道内に土砂が堆積した場所は災害後の後方散乱強度が上昇するため、強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。



C-2 平成 30 年北海道胆振東部地震(日高幌内川)

図-3.11 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(北海道勇払郡厚真町)

河道内に土砂が堆積して湛水域が形成された結果、災害後の後方散乱強度が低下する。 強度差分 SAR 画像上では赤く示される。

なお、湛水域の形成速度が遅く、アーカイブ画像も災害後を使用して監視したため、 河道内に土砂が堆積した場所の変化は表れていない。

### D)浸水·洪水

[散乱変化の解説]

浸水や洪水が生じると、災害後の後方散乱強度が顕著に低下する。 強度差分 SAR 画像上では明瞭に赤く示される。

SARから照射されたマイクロ波は、河道周辺等の地表面の形状や凹凸具合に応じた後 方散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度は一定程度の大きさを示す。災害に よって浸水や洪水が生じると、浸水面がマイクロ波の前方散乱を促すため、災害後の後 方散乱強度が著しく低下する<sup>80</sup>。この SAR の散乱変化から、浸水や洪水の範囲を特定で きる場合がある。



図-3.12 浸水や洪水が生じた場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 水田の湛水があると、散乱変化が同化して視認性に欠ける(詳細は P26)。
- ・ 時間が経って災害後の観測がされた場合、最大浸水範囲とは異なることがある。

# D-1 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨(鬼怒川)



図-3.13 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(茨城県常総市)

鬼怒川沿いの浸水した範囲は、災害後の後方散乱強度が低下する。強度差分 SAR 画像 上では赤く示される。

# D-2 平成 29 年 7 月 梅雨前線に伴う大雨(雄物川)



図-3.14 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(秋田県秋田市)

雄物川沿いの浸水した範囲は、災害後の後方散乱強度が低下する。強度差分 SAR 画像 上では赤く示される。

# D-3 令和元年東日本台風(千曲川)



図-3.15 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(長野県長野市・須坂市)

千曲川沿いの浸水した範囲は、災害後の後方散乱強度が低下する。強度差分 SAR 画像上では赤く示される。

また、浸水が解消した範囲は、土砂や漂流物の堆積によって災害後の後方散乱強度 が上昇し、強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

# D-4 [参考] 水田の湛水



図-3.16 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(大分県宇佐市)

水田において湛水すると、後方散乱強度が低下する。強度差分 SAR 画像上では赤く 示される。

浸水等と見誤りやすいので、使用するアーカイブ画像の観測時期を確認した上で判 読する必要がある。

### E) 橋梁の流失

[散乱変化の解説]

橋梁が流失すると、災害後の後方散乱強度が顕著に低下する。 強度差分 SAR 画像上では明瞭に赤く示される。

SARから照射されたマイクロ波は、橋梁の形状や向きに応じた後方散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度は一定程度の大きさを示す。災害によって橋梁が流失すると、マイクロ波の後方散乱が失われるため、災害後の後方散乱強度が著しく低下する<sup>9)</sup>。このSARの散乱変化から、橋梁が流失した箇所を特定できる場合がある。



図-3.17 橋梁が流失した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

・ 周辺で浸水や洪水が発生すると、散乱変化が同化して視認性に欠ける。

# E-1 平成 28 年熊本地震 (阿蘇大橋)



図-3.18 光学画像(上:災害前、中:災害後)と強度差分 SAR 画像(下) (<sub>熊本県阿蘇郡南阿蘇村</sub>)

斜面崩壊により阿蘇大橋が流失した結果、災害後の後方散乱強度が低下する。強度差分 SAR 画像上では赤く示される。

# E-2 令和2年7月豪雨(深水橋)



図-3.19 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(熊本県八代市)

球磨川の増水により深水橋が流失した結果、災害後の後方散乱強度が低下する。強度 差分 SAR 画像上では赤く示される。

# E-3 [参考]橋梁の新設



図-3.20 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(奈良県吉野郡+津川村)

橋梁が新設された場合は、建設後の後方散乱強度が上昇する。強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

### F) 森林斜面の崩壊(馬蹄形)

#### [散乱変化の解説]

### 森林斜面で馬蹄形の崩壊が発生すると、災害後の後方散乱強度が低下する。 強度差分 SAR 画像上では赤く示される。

SAR から照射されたマイクロ波は、森林に対して体積散乱が生じる。このため、災害 前の後方散乱強度が高くなる。災害によって斜面崩壊が発生して森林が流失すると、マ イクロ波の前方散乱が卓越するため、災害後の後方散乱強度が低下する<sup>1)、7)</sup>。また、斜 面が崩壊(地形変化)したことで局所入射角が変化し、災害後の後方散乱強度がわずか に低下する。この SAR の散乱変化から、森林斜面で崩壊が発生した箇所を特定できる場 合がある。



図−3.21 森林斜面で馬蹄形の崩壊が発生した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 特定の条件下では、災害後に後方散乱強度が上昇する場合がある(詳細は P34)。
- 伐採等の人工改変地と見誤りやすい(詳細はP35-36)。





図-3.22 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(福岡県菊池郡大津町)

森林斜面において馬蹄形の崩壊が発生した結果、災害後の後方散乱強度が低下する。 強度差分 SAR 画像上では赤く示される。

# F-2 平成 29 年 7 月九州北部豪雨(乙石川)



図-3.23 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(福岡県朝倉市)

森林斜面において馬蹄形の崩壊が発生した結果、災害後の後方散乱強度が低下する。 強度差分 SAR 画像上では赤く示される。

# F-3 [例外] 草地斜面の崩壊



図-3.24 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(熊本県阿蘇郡南阿蘇村)

草地斜面において崩壊が発生した場合、地表面に露出した土砂がマイクロ波の後方 散乱を卓越させるため、災害後の後方散乱強度が上昇する<sup>10)</sup>。この場合、強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。



図-3.25 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(大分県日田市)

森林斜面で伐採があると、後方散乱強度が低下する<sup>11)</sup>。強度差分 SAR 画像上では赤 く示される。

森林斜面の崩壊と見誤りやすいので、災害直前の光学画像を確認した上で判読する必要がある。



図-3.26 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(熊本県八代市)

森林斜面内で採石がなされると、後方散乱強度が変化する。強度差分 SAR 画像上で は赤やシアンで示される。

森林斜面の崩壊と見誤りやすいので、光学画像を確認した上で判読する必要がある。

### G) 森林斜面の崩壊(細長形)

[散乱変化の解説]

森林斜面で細長形の崩壊が発生すると、侵食部では災害後の後方散乱強度が 低下し、滑落崖周辺では災害後の後方散乱強度が上昇する。 強度差分 SAR 画像上では、侵食部は明瞭な赤で、滑落崖周辺はシアンで示される。

SAR から照射されたマイクロ波は、森林に対して体積散乱が生じる。このため、災害前 の後方散乱強度が高くなる。災害によって斜面崩壊が発生して森林が流失すると、侵食部 ではマイクロ波の前方散乱が卓越するため、災害後の後方散乱強度が低下し<sup>1)、7)</sup>、滑落崖 周辺ではマイクロ波の2回散乱が生じるため、災害後の後方散乱強度が上昇する。また、 地形変化したことで局所入射角が変化し、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。こ の SAR の散乱変化から、森林斜面で崩壊が発生した箇所を特定できる場合がある。



図-3.27 森林斜面で細長形の崩壊が発生した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

・ 伐採等の人工改変地と見誤りやすい(詳細は P35-36)。

# G-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨 (東峰村宝珠山)



図-3.28 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(福岡県朝倉郡東峰村)

森林斜面において細長形の崩壊が発生した結果、侵食部では災害後の後方散乱強度が 低下し、滑落崖周辺では災害後の後方散乱強度が上昇する。強度差分 SAR 画像上では侵 食部は赤く、滑落崖周辺はシアンで示される。

# G-2 平成 30 年 7 月豪雨(呉市安浦地区)



図-3.29 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(広島県呉市)

森林斜面において細長形の崩壊が発生した結果、侵食部では災害後の後方散乱強度が 低下し、滑落崖周辺では災害後の後方散乱強度が上昇する。強度差分 SAR 画像上では侵 食部は赤く、滑落崖周辺はシアンで示される。

### H) 裸地斜面の崩壊

[散乱変化の解説]

裸地斜面で崩壊が発生すると、後方散乱強度がわずかに低下する。 強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示される。

SARから照射されたマイクロ波は、裸地斜面に対して前方散乱が卓越した散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度が低くなる。災害によって斜面崩壊が発生すると、 地形変化したことで局所入射角が変化し、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。 この SAR の散乱変化から、裸地斜面で崩壊が発生した箇所を特定できる場合がある。



図-3.30 裸地斜面で崩壊が発生した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 散乱変化が小さく、視認性に欠ける。
- ・ 伐採等の人工改変地と見誤りやすい(詳細は P35-36)。

# H-1 令和2年7月豪雨(雨畑川)



図-3.31 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(山梨県南巨摩郡早川町)

既崩壊地である裸地斜面において拡大崩壊が発生した結果、災害後の後方散乱強度が わずかに低下する。強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示される。

また、拡大崩壊が発生した滑落崖周辺では2回散乱が生じるため、災害後の後方散乱 強度が上昇し、強度差分 SAR 画像上ではシアンで示される。

# H-2 令和2年7月豪雨(球磨村松野地区)



図-3.32 光学画像(上:災害前、中:災害後)と強度差分 SAR 画像(下) (熊本県球磨郡球磨村)

伐採地である裸地斜面で崩壊が発生した結果、災害後の後方散乱強度がわずかに低下 する。強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示される。

### I) 住宅地に対する土砂の堆積

[散乱変化の解説]

住宅地に土砂が堆積すると、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。 強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示される。

SARから照射されたマイクロ波は、住宅地に対して2回散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度が非常に高くなる。災害によって住宅地に土砂が堆積すると、マイクロ波の2回散乱が弱まって災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。このSARの散乱変化から、住宅地に土砂が堆積した場所を特定できる場合がある。



図-3.33 住宅地に土砂が堆積した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

・ 散乱変化が小さく、視認性に欠ける。

# I-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨 (寒水川)



図-3.34 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(福岡県朝倉市)

住宅地に土砂が堆積した結果、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示されるが、散乱変化が小さいため視認性に欠ける。

# I-2 平成 30 年 7 月豪雨(総頭川)



図-3.35 光学画像(上)と強度差分 SAR 画像(下)(広島県安芸郡坂町)

住宅地に土砂が堆積した結果、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示されるが、散乱変化が小さいため視認性に欠ける。

### J) 建物・構造物の倒壊

[散乱変化の解説]

建物や建造物が倒壊すると、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。 強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示される。

SAR から照射されたマイクロ波は、住宅地に対して2回散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度が非常に高くなる。災害によって建物や建造物が倒壊すると、マイクロ波の2回散乱が弱まって災害後の後方散乱強度がわずかに低下する<sup>12)</sup>。この SAR の 散乱変化から、建物や構造物が倒壊した地域を特定できる場合がある。



図-3.36 建物や建造物が倒壊した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 散乱変化が小さく、視認性に欠ける。
- ・ 面的に複数棟が倒壊しないと視認性に欠ける。

# J-1 平成 28 年熊本地震(益城町)



図-3.37 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(熊本県上益城郡益城町)

地震によって建物が倒壊した結果、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。強度 差分 SAR 画像上では淡い赤で示されるが、散乱変化が小さいため視認性に欠ける。

### K)降灰

### [散乱変化の解説]

降灰の範囲は、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。 強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示される。

SAR から照射されたマイクロ波は、火口周辺の地表面の形状や凹凸具合に応じた後方 散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度は一定程度の大きさを示す。噴火によ って火山灰が堆積すると、噴火前よりも起伏のない平坦な地表面となって災害後の後方 散乱強度がわずかに低下する<sup>13)</sup>。この SAR の散乱変化から、降灰の範囲を特定できる場 合がある。



図-3.38 降灰における散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

・ 事例が少ないため、散乱変化の傾向について不明な部分がある。



図-3.39 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(群馬県吾妻郡嬬恋村・草津町)

噴火によって火口周辺で降灰した結果、災害後の後方散乱強度がわずかに低下する。 強度差分 SAR 画像上では淡い赤で示される。

ただし、本事例は積雪の影響が一定程度含まれていると考えられる。

### L)火砕流の流下

[散乱変化の解説]

火砕流が流下した範囲は、災害後の後方散乱強度が低下する。 強度差分 SAR 画像上では赤で示される。

SARから照射されたマイクロ波は、火口周辺の森林に対して体積散乱が生じる。このため、災害前の後方散乱強度が高くなる。火砕流が発生して森林が焼失すると、マイクロ波の後方散乱が失われるため、災害後の後方散乱強度が低下する。このSARの散乱変化から、火砕流が流下した範囲を特定できる場合がある。



図-3.40 火砕流が発生した場合の散乱変化に関する概念

#### [留意事項]

- ・ 火口周辺に森林等の植生がある必要がある。
- ・ 火山灰の堆積と判別することが困難である。
- ・ 事例が少ないため、散乱変化の傾向について不明な部分がある。

# L-1 平成 27 年口永良部山の噴火



図-3.41 航空写真(上)と強度差分 SAR 画像(下)(鹿児島県熊毛郡屋久島町)

火砕流が発生した結果、災害後の後方散乱強度が低下する。強度差分 SAR 画像上では 赤く示される。

### 4. 災害時における SAR の散乱変化を踏まえた判読調査要領

#### 4.1 災害時における SAR の散乱変化の傾向

前章で事例解説した災害時における SAR の散乱変化について表-4.1 に一覧化した。

散乱面が発生する A) 農地や道路に対する土砂の堆積、B) 流木等の漂流は、災害後の後方散乱強度が上昇し、強度差分 SAR 画像上での視認性が高い。また、両事象が生じる場所が異なるため、SAR の散乱変化が同化して見誤る可能性が低い。このため、災害時における SAR の散乱変化から検出しやすい事象である。

散乱面が消失する C)河道閉塞による湛水(天然ダム)、D)浸水・洪水、E)橋梁の 流失は、災害後の後方散乱強度が顕著に低下し、強度差分 SAR 画像上での視認性が高 い。ただし、これらの事象は河道周辺で発生することから、SAR の散乱変化が同化し て各事象を判別することが困難となる可能性がある。

体積散乱が消失する F)森林斜面の崩壊(馬蹄形)、G)森林斜面の崩壊(細長形)、 L)火砕流の流下は、災害後の後方散乱強度が低下し、強度差分 SAR 画像上での視認性 は比較的高い。特に、G)森林斜面の崩壊(細長形)は併せて2回散乱も発生する特徴 があり、災害時における SAR の散乱変化から検出しやすい事象である。

一方、2回散乱が消失する I) 住宅地に対する土砂の堆積、J) 建物・構造物の倒壊 および散乱面が変形する H) 裸地斜面の崩壊、K) 降灰は、災害後の後方散乱強度がわ ずかに低下する程度で、強度差分 SAR 画像上における散乱変化が明瞭ではない。これ らの事象は、災害時における SAR の散乱変化から検出できる可能性が低いと考えられ る。

		表-4.1	災害時におり	ナる SAR の散i	乱変化一覧			
			散乱変化	ヒモデル			₩74	法帝羊公
事象	(a)	(q)	(c)	(p)	(e)	(f)	火市夜の後十井日本市	进反在刀 CAD 面偽
	散乱面の発生	2 回散乱の発生	散乱面の消失	体積散乱の消失	2 回散乱の消失	散乱面の変形	<b>攻</b> / 取	om 回该
A)農地や道路に対する土砂の堆積	0						「「」	シャン
B) 流木等の漂流	0						「「」	シャン
0)河道閉塞による湛水(天然ダム)			0				顕著に低下	明瞭な赤
D) 浸水・洪水			0				顕著に低下	明瞭な赤
E)橋梁の流失			0				顕著に低下	明瞭な赤
F)森林斜面の崩壊(馬蹄形)				0		0	低下	ж́
G)森林斜面の崩壊(細長形)		0		0		0	上昇・低下	シアン・赤
H)裸地斜面の崩壊						0	わずかに低下	淡い赤
1) 住宅地に対する土砂の堆積					0		わずかに低下	淡い赤
J)建物・構造物の倒壊					0		わずかに低下	淡い赤
K)降灰						0	わずかに低下	淡い赤
L)火砕流の流下				0			低下	枨

イギー オース cvb の # 単一学 ジ

#### 4.2 SAR 画像による土砂災害判読の調査要領

土砂災害に関連する SAR の散乱変化は多種多様であり、表-4.2 に各事象の特性を踏まえた SAR の散乱変化に対する着眼点と SAR 画像による土砂災害判読調査時の留意事項を示す。

#### [斜面崩壊]

森林斜面における崩壊は SAR の散乱変化の視認性が高く、裸地斜面における崩壊は SAR の散乱変化の視認性に欠ける。また、P35-36 に示したように、森林斜面における 崩壊は伐採地等の人工改変地と見誤ることが多く、P34 に示したように草地斜面が崩 壊すると、SAR の散乱変化が逆転することに留意する必要がある。

このため、SAR 画像による土砂災害判読を始める前に、調査対象地の森林施業の状況や採石場、草地斜面の分布について光学画像等から確認しておくことが望ましい。

#### [土砂の堆積]

農地、道路、河道等に対する土砂の堆積は SAR の散乱変化の視認性が高く、住宅地 に対する土砂の堆積は SAR の散乱変化の視認性に欠ける。また、P15 に示したように 細粒な土砂が堆積すると、SAR の散乱変化が逆転することに留意する必要がある。

あらかじめ、調査対象地の地質や過去の災害状況から崩土の特性を踏まえ、土砂の 堆積が予想される場所の土地利用を確認しながら判読することが望ましい。

[天然ダム]

一般的に、天然ダムによって形成された湛水域は SAR の散乱変化の視認性が高くなる。しかし、流量が少ない河川では湛水域が小規模である等、視認性に欠ける可能性がある。また、P23-26 に示したように浸水・洪水・水田の湛水による散乱変化と同化して視認性に欠けることに留意する必要がある。このほか、湛水施設(ダムや貯水池等)の分布について光学画像等から確認しておくことが望ましい。

声色	SAR の散乱変化の	SAR の散乱変化の	目記しやすい声色	例外的な SAR の
<b>尹</b> 豕	視認性が高い場所	視認性に欠ける場所	兄族りやりい事家	散乱変化を示す事象
斜面崩壊	森林斜面	裸地斜面	伐採地等の人工改変地	草地斜面の崩壊
土砂の堆積	農地・道路・河道等	住宅地	-	細粒な土砂の堆積
天然ダム	-	流量が少ない河川	浸水・洪水・水田の湛水	_

表-4.2 災害時における SAR の散乱変化一覧

#### 4.3 その他留意事項

まず、SAR 画像には SAR の観測原理に由来した不可視領域が発生する<sup>1)</sup>。そのため、 災害時における SAR の散乱変化が不可視領域に含まれて視認できない場合があること を理解しておく必要がある。

次に、SARの散乱変化を適切に解釈するためには、複雑多岐にわたる要因を考慮す る必要がある。本資料では、災害初動の緊急性が高い調査時でも簡略化した解釈がで きるように散乱変化モデルを用いて解説した。

また、本資料はALOS-2の運用開始後の限定的な事象の種類や事例数で作成している。このため、今後の観測データの蓄積によって、本資料が示した事例とは異なる例 外的な SAR の散乱変化が確認される可能性がある。

特に、災害時における SAR の散乱は不規則に変化する場合があることを念頭に、柔軟に活用されることが望まれる。

#### 参考文献

- 鈴木大和・松田昌之・瀧口茂隆・野村康裕・山下久美子・中谷洋明(2020):合成開口レーダ(SAR) 画像による土砂災害判読の手引き、国土技術政策総合研究所資料、No.1110 http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1110.htm
- 2) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構:陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2) https://www.jaxa.jp/projects/sat/alos2/index\_j.html
- 3)日本リモートセンシング研究会(2001):図解リモートセンシング、社団法人日本測量協会、 pp62-65
- 4)大内和夫(2009): リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎(第2版)、東京電機 大学出版局、pp103-114
- 5)日本リモートセンシング学会(2011):基礎からわかるリモートセンシング、理工図書、pp271-277
- 6)資源観測解析センター(1992):資源探査のためのリモートセンシング実用シリーズ⑤合成 開ロレーダ(SAR)、pp271-277
- 7)鈴木大和・松田昌之・野村康裕・中谷洋明(2019): SAR 画像の後方散乱強度変化による土砂 災害調査手法の適用、土木技術資料、Vol. 61、No. 12、pp16-19
- 8)加藤圭太・山崎文雄(2010): ALOS/PALSAR 画像を用いた 2008 年岩手・宮城内陸地震による 水域の変化抽出、日本地震工学会論文集、第10巻、第3号、pp.1-11
- 9) 井上和樹・リュウ ウェン・山崎文雄 (2017): 高分解能衛星 SAR 画像の変化抽出に基づく津 波による橋梁被害把握、日本地震工学会論文集、第17巻、第5号、pp. 48-59
- 10) 阪上雅之・神山嬢子・野呂智之・古瀬慶博・中嶋憲・山本一二三(2017):二時期衛星 SAR 強度画像を用いた土砂移動箇所の判読特性(平成28年熊本地震を例に)、平成29年度砂防学会研究発表会概要集、pp.460-461
- 11) 渡邉 学 (2018): 合成開口レーダによる森林伐採監視、Journal of The Remote Sensing Society of Japan、Vol. 38、No. 5、pp. 458-461
- 12) 松岡昌志・山崎文雄(2001):1995 年兵庫県南部地震での建物被害地域における人工衛星 SAR 強度画像の特徴、日本建築学会構造系論文集、第 546 号、pp. 55-61
- 13) Youko NAKANO Takao YAMAKOSHI Takeshi SHIMIZU Keiji TAMURA Shoji DOSHIDA (2010) : The Evaluation of Eruption Induced Sediment Related Disasters using Satellite Remote Sensing - Applications for Emergency Response, International Journal of Erosion Control Engineering, Vol. 3, No. 1, pp. 34-42

### 強度差分 SAR 画像の諸元

図の番号	観測日時	オフナディア角[゜]	軌道方向	マイクロ波照射方向
図-3.2	2018/03/17 2018/07/21	32. 4	北行	衛星進行方向 右
図-3.3	2015/04/19 2018/07/08	48. 0	南行	衛星進行方向 右
図-3.4	2018/08/23 2018/09/06	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.5	2017/04/29 2017/07/07	29. 1	南行	衛星進行方向 左
図-3.7	2017/04/29 2017/07/07	29. 1	南行	衛星進行方向 左
図-3.8	2020/06/08 2020/07/06	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.10	2017/06/12 2017/07/10	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.11	2018/09/20 2018/10/04	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.13	2015/08/13 2015/09/10	35. 4	南行	衛星進行方向 左
図-3.14	2015/06/30 2017/07/25	44. 7	南行	衛星進行方向 左
図-3.15	2015/06/16 2019/10/15	42. 7	南行	衛星進行方向 左
図-3.16	2017/06/12 2017/07/10	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.18	2016/03/07 2016/04/18	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.19	2020/06/08 2020/07/06	32. 4	南行	衛星進行方向 右

図の番号	観測日時	オフナディア角[゜]	軌道方向	マイクロ波照射方向
図-3. 20	2015/02/25 2019/10/30	29. 1	北行	衛星進行方向 右
國-3.22	2016/03/07 2016/04/18	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.23	2017/04/29 2017/07/07	29. 1	南行	衛星進行方向 左
図-3.24	2016/03/07 2016/04/18	32. 4	南行	衛星進行方向 右
図-3.25	2017/04/29 2017/07/07	29. 1	南行	衛星進行方向 左
図-3.26	2017/10/13 2020/10/31	42. 7	北行	衛星進行方向 左
図-3.28	2017/04/29 2017/07/07	29. 1	南行	衛星進行方向 左
図-3.29	2018/03/17 2018/07/21	32. 4	北行	衛星進行方向 右
図-3.31	2018/05/30 2020/07/08	42. 7	北行	衛星進行方向 右
図-3.32	2017/10/13 2020/10/31	42. 7	北行	衛星進行方向 左
図-3.34	2017/04/29 2017/07/07	29. 1	南行	衛星進行方向 左
図-3.35	2018/03/17 2018/07/21	32. 4	北行	衛星進行方向 右
國-3.37	2016/03/07 2016/04/18	32. 4	南行	衛星進行方向 右
⊠−3. 39	2014/11/05 2018/01/24	44.7	北行	衛星進行方向 右
⊠−3. 41	2014/11/14 2015/05/29	29. 1	南行	衛星進行方向 左

国土技術政策総合研究所資料 TECHNICAL NOTE of NILIM No.1159 April 2021

.....

.....

編集·発行 ©国土技術政策総合研究所

.....

本資料の転載・複写の問い合わせは 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 企画部研究評価・推進課 TEL029-864-2675