

地震の縞模様 — 干渉 SAR

Q. インターネットのホームページで地震について調べていたとき、何か地震と関係がある虹色の縞模様を見ました。この地震の縞模様は何ですか？

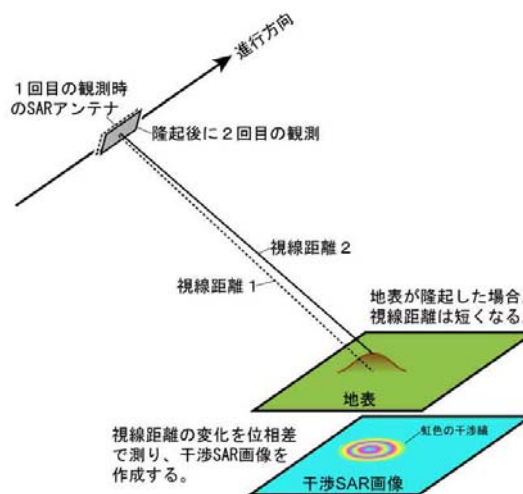
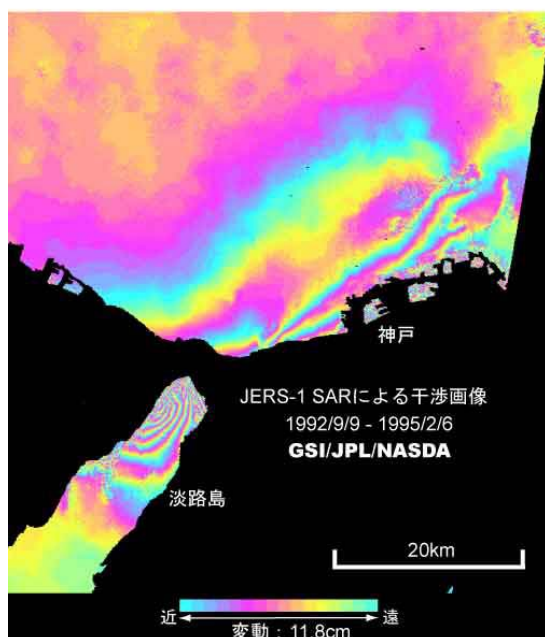


図1.(左) 1995年1月の兵庫県南部地震の地殻変動を表す、干渉 SAR 画像。(右) 干渉 SAR では電波の位相干渉を利用して、衛星から見た地上点までの距離（視線距離）の変化として地殻変動を検出する。国土地理院

A. 図1左がその「地震の縞模様」です。虹色の地図のように見えますね。この色分けによって、一九九五年一月に発生した兵庫県南部地震による地面の動き、すなわち地震時地殻変動を表現しています。

人工衛星から見た、地上の点までの距離を視線距離といいます。これには、衛星に人が乗っていたとして、「その人が向ける視線に沿って測った距離」というニュアンスがこめられています。この視線距離を、時期を隔てて2回観測し、記録することができたとしましょう（図1右）。もし、1回目と2回目の観測の間に、地震などによって地表の一部が動いたとすると、衛星からその場所までの距離（視線距離）が変化します。虹色の図は、この視線距離の変化分を、色を使って塗り分けているのです。口絵図1左の場合、地殻変動量（視線距離の変動）が約11.8センチ短くなるごとに、青～黄～赤～青の順番に変化して元の色に戻るように約束しています。ですから、淡路島の南部の青い部分を基準にとると、北部に向かって見える6、7本の青い縞模様は、それぞれの場所の地殻変動量が、約11.8センチ

ち、23.5センチ、35.3センチ、47.0センチ、58.8センチ、70.5センチ、82.4センチ（衛星に近づく向きの地殻変動）であることを表しています。間隔がピッタリ整数倍でないように見えるのは、小数2桁目を四捨五入したためです。同様に赤い縞模様の地域では、それぞれ11.8センチの半分である5.9センチ、それに約11.8を足した17.6センチ、29.4センチだけの衛星から遠ざかる向きの地殻変動が起こっているわけです。これまで11.8センチという数字が何度もでてきましたが、これは視線距離を測るのに使われた電波の波長の半分に対応しています。

兵庫県南部地震のときには、淡路島では地表に達した地震断層を見ることができました（図2）。写真の向こう側（野島断層の南東側）が、手前側（断層の北西側）に対して、右方向に一七〇センチ、上方向に一三〇センチ移動しています。畦（うね）の高まりが右上にずれているのがわかります。このような地殻変動を測るには、専用の観測装置・観測技術が必要です。たとえば水準測量やGPSです。地震の縞模様の図を作成する技術もその一つですが、最も新しい方法でユニークな特徴をもっており、干渉合成開口レーダー（干渉SAR）と呼ばれています。

地震の縞模様の図は、まるで宇宙から写真を撮ったかのようなようですが、これは写真ではありません。数センチの精度で視線距離の変動を測るために、レーダー電波の位相差を計算する干渉という技法を使います（電波の位相については、Q&A33 電子基準点の図2を参照してください）。干渉というのは、雨上がりの水たまりに広がる油膜の見せる縞などのように、波の同位相のところが強め合い、逆位相のところでは弱め合うことです。干渉SARでは、2度の観測のそれぞれのときに、地表に到達した電波がどの位相で衛星に戻ってくるかを調べます。そして干渉法で2回の位相の差を精密に求めると、それは視線距離の変化に対応した量になります。図1では、位相差すなわち視線距離の変化を見やすく表現するために色で塗り分けており、これが虹色の干渉縞のようにみえています。

同じ色で一続きに塗られているところは変動量が同じです。このように、地震の縞の正体は干渉縞だったのです。人工衛星から地上に送られてきた合成開口レーダーのデータを、コンピューターの中で干渉処理することによって、宇宙からあたかも写真を撮るようにわずか数センチメートルの地面の動きを画像化することができるのです。

従来の技術で地面の動きを測るには、あらかじめ観測装置や基準点を設置しておかないといけませんでしたが、実際には、観測装置が設置されていない場所で地震が起こったり、また、仮に設置されていても数が足りなかったりすることもありました。例えば一九九五年のサハリン北部地震の場合がそうでした。しかし、干渉SARがあれば、大丈夫です。あらかじめ観測装置や基準点を設置する必要はないだけでなく、現地に行く必要さえないからです。サハリン北部地震の場合には、断層の長さが当初考えられていたよりもはるかに長い四五キロメートルに及ぶことなど、全体像を把握するのに干渉SARが役立ちました。

もう一度、図1に注目してみましょう。淡路島のように断層面が地表に達した場合には、

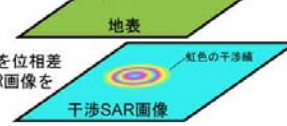
ずれが地面の亀裂として目に見えるので、干渉SARでなくても、断層が動いた量を測ることができます。しかし、神戸地区のように断層面が地表に到達しなかった場合には、亀裂は目に見えず広い領域がわずかに動いただけなので、地下の断層面の位置や動いた量は推定するしかありません。干渉SARの登場によって、地下の断層面の位置や動いた量をより正確に知ることができるようになりました。

また、火山活動に関連するマグマの動きによる地面の動きや、地下水の過剰汲み上げによって起こる地盤沈下の様子も画像化することができます。つまり、地震の縞だけでなく、火山の縞や地盤沈下の縞などもあるのです。

干渉SARは、宇宙から、日本全国、さらに、外国についても、わずかな地面の動きを見張ることのできる技術です。干渉SARの特徴は、約70キロメートル四方の領域について、地面の動きを画像として表すことができ、その精度たるや、わずか数センチという素晴らしいものです。その上、写真と違い、雲や噴煙にさえぎられずに観測できるという全天候型の測定です。さらには、火山噴火や地震などがおきて、現地への通行が制限されたとしても、宇宙や空からデータを取得できるという安全性ももっています。

ところで、日本で干渉SARの研究が大いに進んだのは、ふよう一号（JERS-1）のおかげです。ふよう一号は一九九二年に打ち上げられ、一九九八年まで、設計寿命の約三倍の長きにわたって活躍しました。二〇〇四年に打ち上げが予定されている陸域観測技術試験衛星ALOSでは、分解能・計測精度がはるかに改良されているので、地震や火山活動のたびに、虹色の地震の縞がこれまで以上に貴重な知見を与えてくれるようになるでしょう。

視線距離の変化を位相差
で測り、干渉SAR画像を
作成する。



色についての注意：「ファイル」→「書類のカラーモード」→「RGBカラー」
にて作成しています。「CMYカラー」だと地味な暗い色
になってしまい、実際の干渉SAR画像の色と違ってしまい
ます。「CMYカラー」に設定してしまうと「RGBカラー」
には戻れないようなので注意して下さい。
とはいうものの、モノクロで掲載される場合は、グレー
スケールで作り直す必要があるのですね。
tobita@gsi.go.jp 029-864-5968 飛田



図2 淡路島野島平林地区の水田に現れた地震断層。1995年1月19日国土地理院撮影。
兵庫県南部地震（1995/1/17 M7.2）を引き起こした断層運動によって、写真の向こう側（野
島断層の南東側）が、こちら側（断層の北西側）に対して、右方向に170cm、上方向に130cm
移動した。畦の高まりが右上にずれているのが見える。