

2010年3月宮崎県口蹄疫発生の黄砂原因説に対する MODIS衛星画像による検討

加藤 芳信*

Investigation of relation between the yellow sand and the foot-and-mouth disease in Miyazaki Prefecture in March 2010 by using MODIS images

Yoshinobu Kato

In Miyazaki Prefecture, Japan, the O-type foot-and-mouth disease (FMD) appeared and spread from March to July, 2010. The first infected livestock by FMD virus was detected on March 26, 2010 at Tsuno Town in Miyazaki Prefecture. The O-type FMD was found on March 14 at the suburb of Lanzhou City in Gansu and on March 25, 2010 in Shanxi, China. Maki et al. (2011, 2012) presumed the cause of the first FMD in Miyazaki as follows: The yellow sand adhered with FMD virus was transported from Gansu to Miyazaki by global westerly winds. In this paper, we investigate whether the yellow sand generated in Gansu flew to Miyazaki in March, 2010 by using MODIS data of Terra and Aqua satellites. True-color mosaic images, AVI mosaic images and T11 mosaic images from China to Japan are made and examined. The aerosol vapor index (AVI) is defined as $AVI=T12-T11$, where T12 and T11 are the brightness temperatures at $12\mu\text{m}$ and $11\mu\text{m}$ wavelength, respectively. The AVI can detect the dust and sandstorms (DSS, i.e., yellow sands) in satellite images both at daytime and night. From AVI images, DSS existed at Lanzhou City in Gansu on March 19, and in the south area of Shanxi on March 20, and at Tsuno Town in Miyazaki on March 21. If Maki et al. are right, the cause of the first FMD in Miyazaki in March 2010 is that DSS generated in Gansu on March 19 flew to Miyazaki on March 21.

Keywords: foot-and-mouth disease, Miyazaki, yellow sand, dust and sandstorm, MODIS, Terra/Aqua, AVI

1. はじめに

黄砂 (DSS : dust and sandstorms, または, yellow sands) は中国大陸内陸部の乾燥・半乾燥地域で風によって数千 m の上空にまで巻き上げられた土壌・鉱物粒子が偏西風に乗って運ばれながら沈降する現象であり, 農業, 交通システム, 人間の健康に影響を与え, 地球全体の気候にも影響を及ぼしている[1]。黄砂は発生から約 1~6 日で約 1000~6000km 離れた日本に到達する。本文では「2010年3月26日に宮崎県で発生した口蹄疫 (学名 : *Aphtae epizooticae*, 英語 : foot-and-mouth disease, 略称 : FMD) [2-7]の原因は, ウイルスが付着した黄砂が中国から日本の宮崎県へ飛来したことである」という真木氏らの主張[8-18]について, 衛星リモートセンシング (MODIS 画像を使用) の立場から検討する[24]。衛星リモートセンシングによる黄砂検出法として AVI (Aerosol Vapor Index) 法[19-24]を用いる。AVI は $AVI=T12-T11$ と定義され[20-24], T12 と T11 はそれぞれ熱赤外バンドの $12\mu\text{m}$ 波長と $11\mu\text{m}$ 波長での輝度温度 (単位はケルビン K) である。Terra/Aqua 衛星 MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer: 中分解能撮像分光放射計) センサの場合, T12 は band32 ($11.770\sim 12.270\mu\text{m}$), T11 は band31 ($10.780\sim 11.280\mu\text{m}$) の輝度温度に対応する。AVI 法は熱赤外バンドを使うため昼と夜両方の衛星画像に適用できるという特長を有する。本文では, AVI 法で作成した画像などにより, 口蹄疫ウイルスの潜伏期間を考慮した口蹄疫発生の時期と矛盾のない期間中に, 口蹄疫発生源と推定されている中国甘肅省蘭州市付近で発生した黄砂が, 宮崎県で口蹄疫が最初に発生した都農町付近に到達しているのかを調べる。

* 産業ビジネス学科

2. 2010年の宮崎県で発生した口蹄疫の状況

本節では、農林水産省口蹄疫疫学調査チームによる「口蹄疫の疫学調査に係る中間取りまとめ」[3]と同補完報告[4]、宮崎県口蹄疫対策検証委員会の調査報告書[6]と宮崎県の記録[7]に基づき、必要事項を以下にまとめて記す。

2010年4月20日に、宮崎県での口蹄疫の発生が（独）動物衛生研究所による検体検査により確認（表1の1例目農場）され、宮崎県より公表された。7月4日までの間に宮崎県内の292例の農場で発生が確認された。口蹄疫の発生直後、農林水産省及び宮崎県はそれぞれ疫学調査を専門に行う疫学調査班を立ち上げ、両班で連携して疫学情報の収集・分析を進め、感染源となる可能性のある家畜、人、車両、物等の動きを詳細に調査した。（独）動物衛生研究所の協力を得て、各農場における臨床症状や抗体検査の結果等に基づき292例すべての農場における発症日などを推定している（表1参照）。なお、[3]のp.15に記されているように、一般的にウイルスの感染から発症まで1～2週間を要するとされていることから、推定発症日の1～2週間前を侵入日として推定している。なお、[3]では初発を6例目農場であると推定しているが、[6]のp.24では7例目農場の可能性も記している。

口蹄疫ウイルスには7種の血清型（O型、A型、C型、Asia1型、SAT1型、SAT2型及びSAT3型）があるが、宮崎県で発生した口蹄疫のウイルスはO型である。O型ウイルスは近隣国において、2010年2～3月に香港、2～8月に中国、2、6、8月に台湾、4～6月に韓国、4～6、8～9月にモンゴル、7～8月にロシアで確認されている。遺伝子解析（[3]のp.12参照）によれば、日本株（2010年4月、O/JPN/2010）は、ロシア、香港、韓国で確認された株と非常に近縁で、香港株（2010年2月、O/HKN13/2010等）とは99.22%、ロシア株（2010年7月、O/RUS/2010）とは98.90%、韓国株（2010年4月、O/Ganghwa/SKR/2010）とは98.59%の相同性であった。また、[4]によれば、中国株のO/TZ/CHA/2010とは99.53%、O/CHA/31/2010とは99.37%の相同性であった。なお、[3]のp.13には2010年1月～11月の中国、香港、台湾、韓国、モンゴル、ロシアにおける口蹄疫の発生状況の図が示されており、中国と韓国だけO型とA型があるが、それ以外の国はすべてO型である。韓国のO型発生は4月8日以降であり、それ以前の発生（発生日：1月2日～3月9日）はA型である。[3]のp.12には「O型口蹄疫ウイルスは、アジア地域の口蹄疫発生国から人あるいは物を介して我が国に侵入したと推定される」と記されている。

宮崎県では、5月18日に非常事態宣言を行い、口蹄疫を早く終息させるために5月21日に国からの殺処分前提のワクチン接種の方針を受け入れた。5市6町において、疑似患畜・ワクチン接種家畜あわせて、牛69,454頭（県内飼養頭数の約22%）、豚227,949頭（県内飼養頭数の約25%）、その他ののしし・鹿等405頭の計297,808頭が殺処分された[7]。7月27日に非常事態宣言の全面解除を行い、8月27日に口蹄疫終息宣言を行った。

表1. 口蹄疫発生の農場と推定ウイルス侵入日、推定発症日など（[3]に基づき筆者が表にまとめた）

農場	6例目農場	1例目農場	7例目農場	9例目農場	284例目農場	283例目農場	285例目農場
ウイルス侵入推定順	1番目	2番目	3番目	9番目	259番目	285番目	286番目
推定ウイルス侵入日	3月19日	3月29日	4月1日	4月10日	5月21日	5月31日	5月31日
推定ウイルス排出日	3月23日	4月2日	4月5日	4月14日	5月25日	6月4日	6月4日
推定発症日	3月26日	4月5日	4月8日	4月17日	5月28日	6月7日	6月7日
発生確認日	4月23日	4月20日	4月25日	4月28日	6月10日	6月10日	6月10日
疑似患畜頭数	水牛42, 豚2	牛16	牛725	牛277	牛364	牛542	豚1339
所在地	都農町	都農町	川南町	えびの市	日向市	西都市	宮崎市

3. 真木氏らによる2010年3月宮崎県口蹄疫発生の黄砂原因説

真木氏らの気象学的・生物学的見地に基づく主張「2010年3月に宮崎県で発生した口蹄疫の原因は、口蹄疫ウイルスが付着した黄砂が中国から日本の宮崎県に飛来したからである」[8-18]をまとめると次のようである。

①2010年3月26日に宮崎県都農町（つのちょう）でO型口蹄疫が発生（表1の6例目農場）し、宮崎県で7月4日まで蔓延し、約29万頭の家畜が殺処分された。

②3月14日に中国甘粛省（Gansu）蘭州市（Lanzhou）郊外で感染力の強い豚口蹄疫（O型ウイルス）が発生した。（豚は牛より100～2000倍強い感染力を持つ。）

③口蹄疫の潜伏期間は2～8日である。

④気象庁（例えば、黄砂観測実況図 <http://www.jma.go.jp/jp/kosa/>）によれば、1月1日から4月30日の期間に宮崎県で黄砂が観測されたのは、3月16日、21日、4月27日、30日である。

⑤3月16日 and/or 21日に宮崎県に到達した黄砂が口蹄疫ウイルスを運んだ。

⑥3月25日の中国山西省（Shanxi）の牛のO型口蹄疫発生と3月26日の宮崎県都農町の水牛のO型口蹄疫発生があった。山西省と宮崎県の口蹄疫発生1日差は山西省から宮崎県への黄砂輸送約2000kmに要する1日と合う。

⑦口蹄疫ウイルスは気象的に50℃以上の高温、60%以下の乾燥、紫外線、強酸・塩基性に弱いとされる。

⑧しかし、黄砂の表面には凸凹があり、割れ目もある。黄砂にウイルスが付着した場合、上空に上がっても、割れ目に入っていれば湿度60%以上は十分に維持され、紫外線も逃げられる。黄砂は1～3日で飛来するため、口蹄疫ウイルスは、低温が問題ないので、確率高く生存し得る。

⑨3月16日および21日の黄砂は日本の広範囲に飛来したのに、なぜ宮崎県でだけ口蹄疫が発生したのかについては、本[17]のpp.65-73および論文[18]の第2.4節で気象学的・地形学的に詳細に考察されている。

⑩本[17]のp.76図-4.13には、酪農学園大学の星野弘方教授提供の3月16日と3月21日に宮崎付近に飛来した黄砂の大気移動逆軌跡解析図が示されており、両方とも甘粛省からの黄砂が宮崎県に到達している。

⑪初発（3月26日）以降の口蹄疫発生・伝播の原因は主として地上風である。

<補足説明1> ④について補足説明する。日本の気象庁所管の気象台で黄砂が観測されたというのは、目視による判定である。気象庁Webページ「過去の気象データ検索」(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)によれば、宮崎市にある宮崎地方気象台では3月16日11時30分～18時30分、3月21日1時30分～13時50分に黄砂が観測されている。延岡特別地域気象観測所の現象判別付視程計による自動観測で「煙霧」（黄砂に関係すると考えられる）は、3月16日には観測されず、3月21日0時43分～12時20分に観測されている。都農町にある都農観測所、その近くの日向観測所、高鍋観測所はアメダスであるので黄砂や煙霧を観測できない。

<補足説明2> 黄砂の大きさには1～10 μ m位が多い。口蹄疫ウイルスの大きさは約21～25nmである。

4. 衛星画像の作成

前節に記したように、宮崎県で黄砂が観測されたのが2010年3月16日と21日であり、口蹄疫の潜伏期間が2～8日であることを考慮して、3月11日～22日の昼と夜のタクラマカン砂漠から日本までのTerra/Aqua衛星MODISデータを解析対象とした。使用したMODISデータは、福井工業大学あわらキャンパス設置の衛星受信システムで受信したデータと、NASA (<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb>) からダウンロードしたデータである。黄砂検出法としてAVI法を用いる。AVIは、 $AVI = T12 - T11$ と定義される。T11とT12は11 μ mと12 μ m波長における輝度温度（単位はケルビン（K））であり、MODISの場合、band31（10.780～11.280 μ m）とband32（11.770～12.270 μ m）に対応する。AVI法の利点は、熱赤外バンドを用いるので、昼でも夜でも黄砂を検出でき

ることである。AVI画像作成では黄砂濃度レベルを表2のように分類した。なお、文献[20,21]では黄砂存在の閾値を0.3Kとしているが、本研究では、日本での黄砂の存在を見逃さないようにするため、表2のように黄砂存在の閾値を0.1Kとしている。

文献[20,21]と同様に、まず、衛星データ処理ソフトウェアHDF-EOS（フィンランド、VTT社製）を用いて、MODISデータをアンパック、大気補正、幾何補正した。次に、衛星リモートセンシング画像処理ソフトウェアER Mapper 2011（米国、ERDAS社製）を用いて、タ克拉玛カン砂漠から日本までのモザイク画像（トルーカラー画像、AVI 6段階表示画像、T11温度画像）を作成した。更に、位置関係を明確にするため、それらの画像に、GIS（地理情報システム）ソフトウェアArcMap 10（米国、ESRI社製）を用いて、地図（国境、海岸線、主な川と湖）を重ねて表示した（図1～図12参照）。

表2. 黄砂濃度レベルの分類（6段階）

黄砂濃度レベル	AVIの範囲	色分け
（黄砂非常に強い）レベル5	$4K \leq AVI$	赤
（黄砂強い）レベル4	$3K \leq AVI < 4K$	橙
（黄砂中程度）レベル3	$2K \leq AVI < 3K$	黄
（黄砂弱い）レベル2	$1K \leq AVI < 2K$	緑
（黄砂非常に弱い）レベル1	$0.1K \leq AVI < 1K$	水色
（黄砂なし）レベル0	$AVI < 0.1K$	青

5. 2010年3月11日から22日までのTerra/Aqua衛星MODISデータの処理画像と解説

図0.1に処理画像の表示範囲（北緯16～56度、東経73～150度）の白地図を示す。蘭州市（星印）、北京市（紫丸印）、都農町（十字）の位置も示す。処理画像として、昼の場合はトルーカラー画像（R,G,B=band 1,4,3）とAVI 6段階表示画像（色分けは表2参照）を示し、夜の場合はT11温度画像（200～320K、温度に対する色は図0.2参照）とAVI 6段階表示画像を示す。T11温度画像は、夜の場合にAVI画像で黄砂なしと判定された場所が、雲の存在により黄砂を検出できなかったのか、雲がなくて本当に黄砂がないのかを判断するために用いる。

図1～図12に示すモザイク画像を見る場合、昼のTerraと夜のAquaは北から南に飛行し、夜のTerraと昼のAquaは南から北へ飛行すること、両衛星ともパスは99分ごとに順次西（画像では左）に移ること、時刻の表示はUT（世界標準時）であり、日本時刻JST=UT+9時間であることを、に注意されたい。

図1～図5に、2010年3月11日～15日の昼のAqua衛星MODIS画像を示す。図1右図（3月11日）で、黄砂はタ克拉玛カン砂漠（レベル1～4）、チベット高原（レベル1～2）、モンゴル南部（レベル1～4）、ゴビ砂漠（レベル1～3）、蘭州市付近（レベル1、ピンク丸で示した部分）、山東半島から長江河口付近（レベル1）などにある。3月14日に口蹄疫が発生したのが蘭州市郊外であるので、これからは蘭州市付近の黄砂の状況とその黄砂の移動に着目して処理画像を解説する。3月11日に蘭州市付近にあった黄砂（図1右図のピンク丸で示した部分）は12日（図2右図のピンク丸）に海岸近くまで移動し、13日（図3右図のピンク丸）に朝鮮半島、14日（図4右図のピンク丸）に日本の近畿地方に移動し、15日（図5右図）に消滅している。3月12日（図2右図）には蘭州市付近に別の黄砂（白丸で示した部分）がある。この黄砂は13日（図3右図の白丸）に陝西省（Shaanxi）～山西省に移動し、14日（図4左右図）に雲に隠れて見えなくなり、15日（図5右図の白丸）に黄河河口付近～黄海と長江河口付近に移動している。この黄砂の部分は3月16日1時40分UT=10時40分JST頃（図6-1の白丸）と4時55分UT=13時55分JST頃（図6-2の白丸）にはレベル1で九州北部～中国・四国地方などに極まばらに

存在するが、宮崎県都農町付近には黄砂は存在しない。又、第3節の<補足説明1>で記したように3月16日には宮崎地方気象台では黄砂が観測されているが、都農町近くの延岡特別地域気象観測所の自動観測で「煙霧」(黄砂に関係すると思われる)は観測されていない。従って、真木氏らの3月16日に都農町に到達した黄砂が口蹄

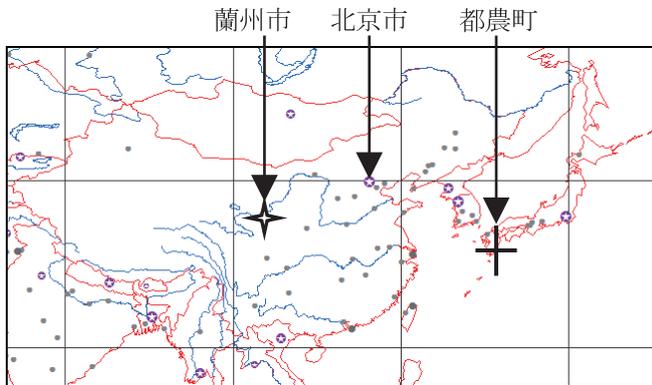


図0.1 処理画像の表示範囲を示す白地図
(北緯16~56度, 東経73~150度)

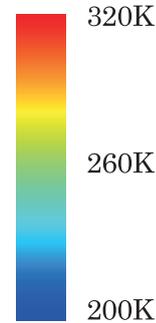


図0.2 T11温度画像の色と温度の対応関係を表すカラーバー

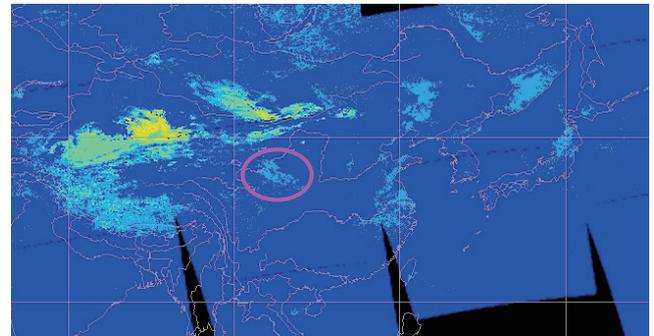
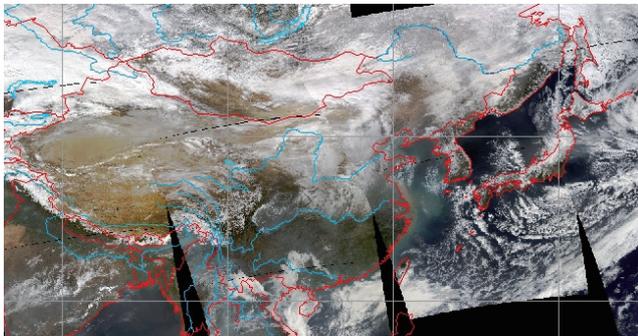


図1. 3月11日2時55分~8時5分UT受信Aqua-MODIS: (左) トルーカラー画像, (右) AVI6段階表示画像

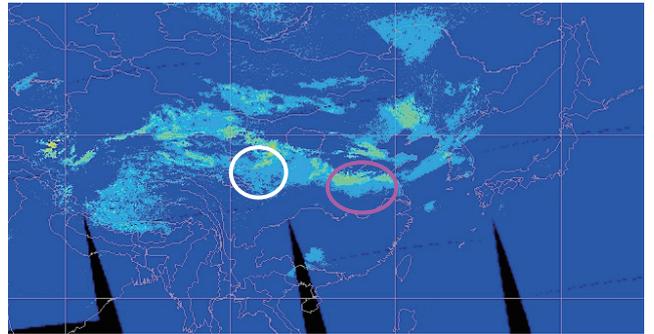
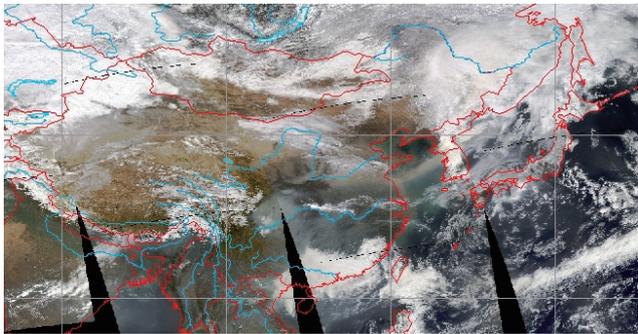


図2. 3月12日3時35分~8時50分UT受信Aqua-MODIS: (左) トルーカラー画像, (右) AVI6段階表示画像

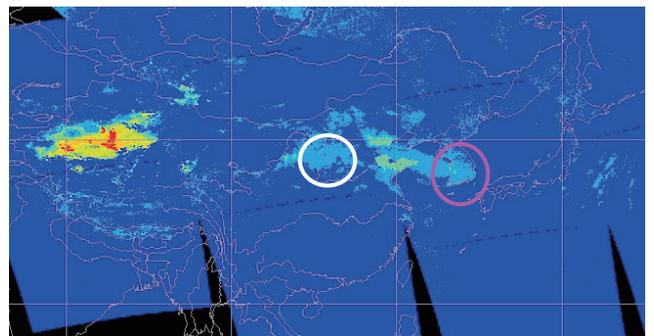
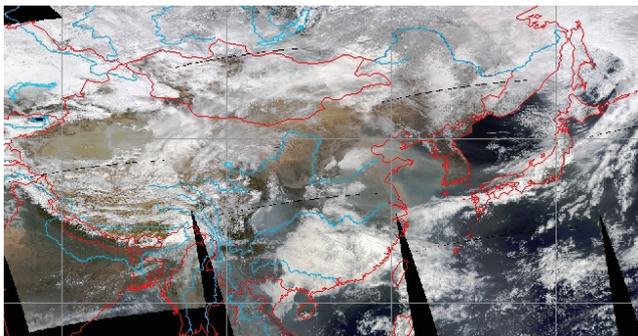


図3. 3月13日2時40分~7時50分UT受信Aqua-MODIS: (左) トルーカラー画像, (右) AVI6段階表示画像

疫発生の原因との説の方の可能性は低いと結論できる。(注意：この結論は、真木氏らの3月21日に都農町に到達した黄砂が口蹄疫発生の原因との説の方の結論ではない。)

3月15日(図5右図の赤丸)に蘭州市付近に黄砂がある。この黄砂は16日午前(図6-1)と午後(図6-2)には赤丸で示すように蘭州市から海岸まで続いている。その先端部分が17日(図7右図の赤丸)に九州・中国・四国地方にレベル1で来ている。しかし、17日には宮崎地方気象台では黄砂が観測されず、延岡特別地域気象観測

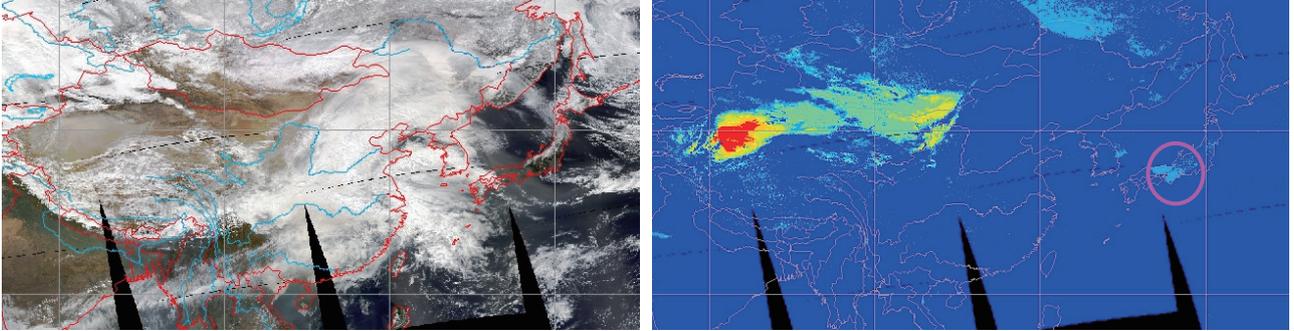


図4. 3月14日3時25分～8時35分UT受信Aqua-MODIS：(左)トルーカラー画像，(右)AVI6段階表示画像

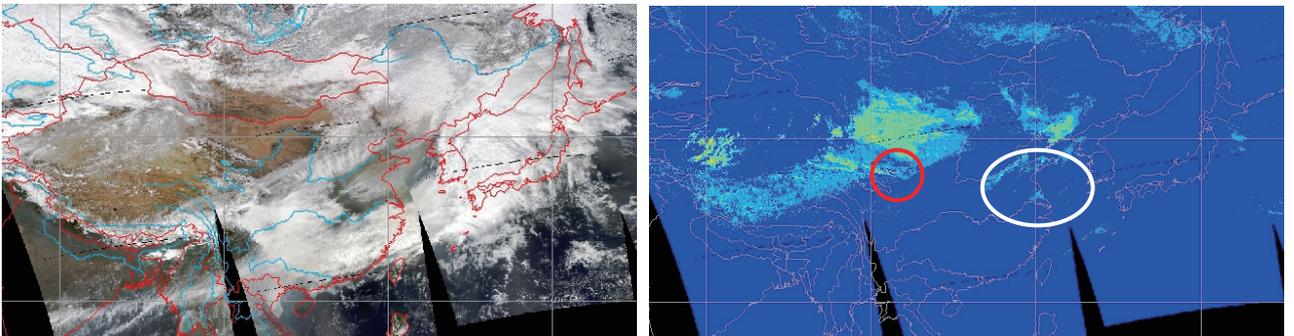


図5. 3月15日2時30分～7時40分UT受信Aqua-MODIS：(左)トルーカラー画像，(右)AVI6段階表示画像

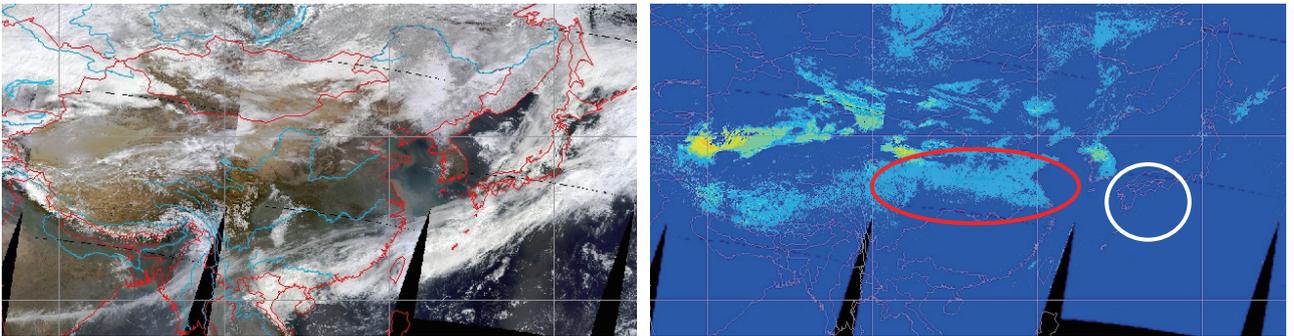


図6-1. 3月16日0時0分～6時40分UT受信Terra-MODIS：(左)トルーカラー画像，(右)AVI6段階表示画像

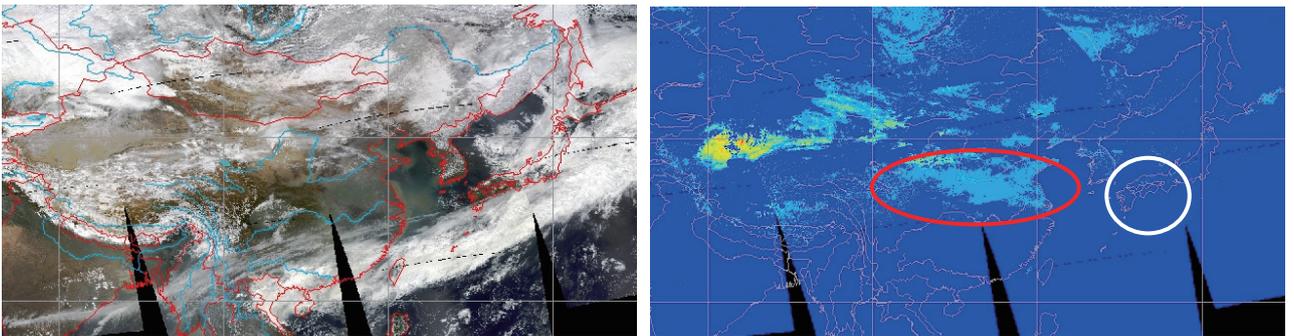


図6-2. 3月16日3時15分～8時25分UT受信Aqua-MODIS：(左)トルーカラー画像，(右)AVI6段階表示画像

所でも煙霧が観測されていない。従って、衛星画像で検出された黄砂は、宮崎県では地上付近でなく、高空にあったものと判断される。この黄砂は18日昼(図8-1)には消滅している。

3月17日(図7右図のピンク丸)の蘭州市付近から海岸まで広がっている黄砂は、18日昼(図8-1右図のピンク丸)でも蘭州市付近から海岸まで広がっているが、18日夜(図8-2右図のピンク丸)には更に広がり、東シナ海を越えて九州のほぼ全域でレベル1の黄砂が存在し、都農町付近でも黄砂が存在している。都農町付近の

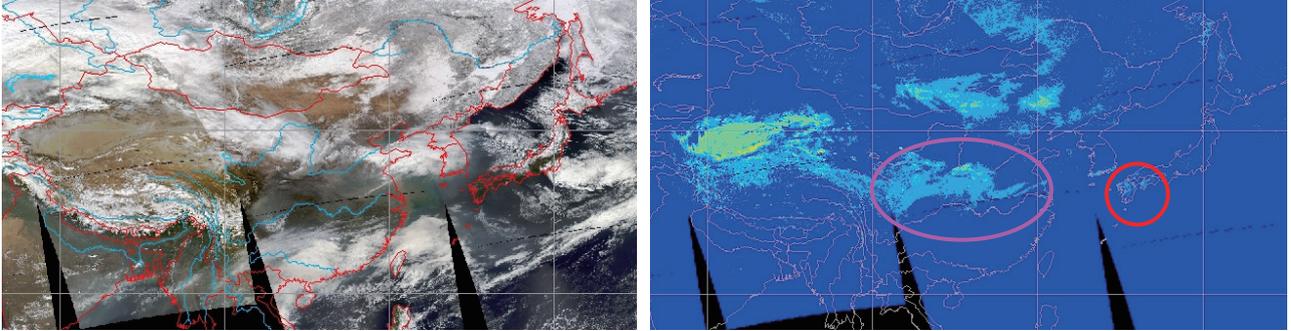


図7. 3月17日2時20分～9時5分UT受信Aqua-MODIS:(左)トゥルーカラー画像,(右)AVI6段階表示画像

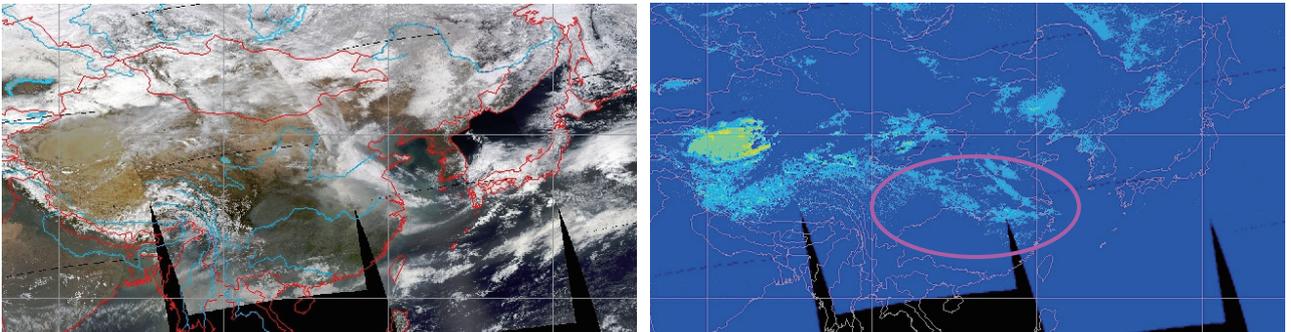


図8-1. 3月18日3時0分～8時10分UT受信Aqua-MODIS:(左)トゥルーカラー画像,(右)AVI6段階表示画像

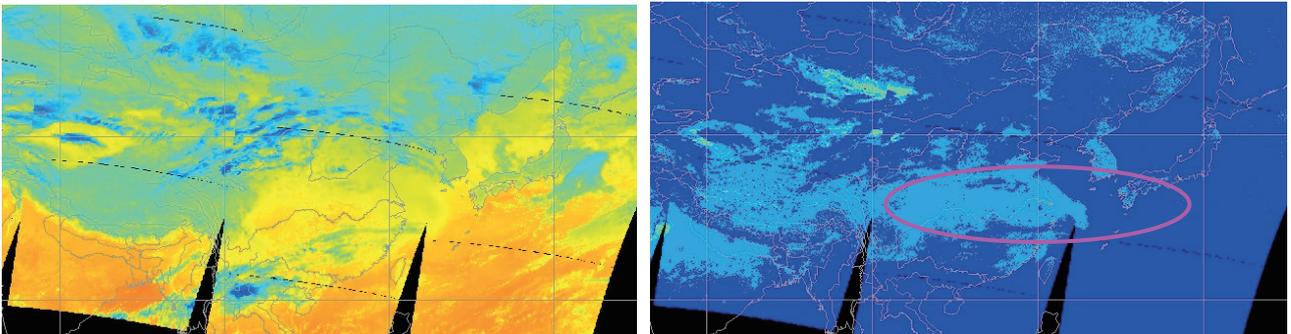


図8-2. 3月18日(夜)16時40分～21時50分UT受信Aqua-MODIS:(左)T11温度画像,(右)AVI6段階表示画像

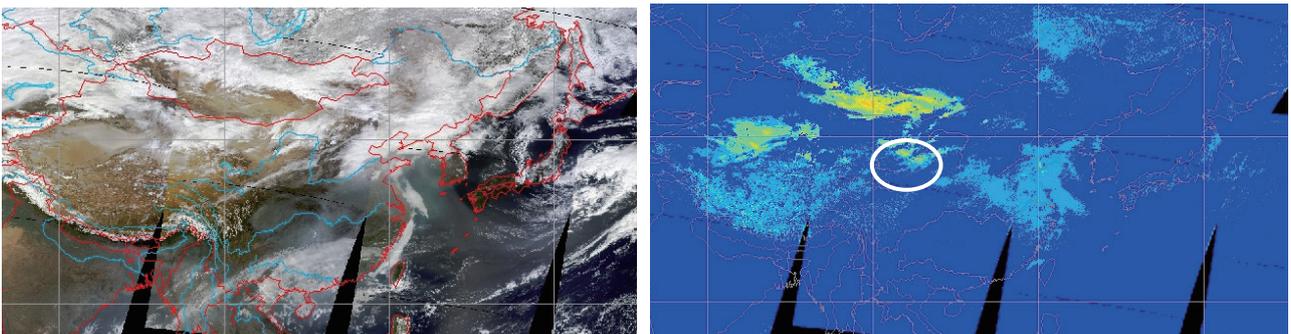


図9-1. 3月19日0時30分～5時35分UT受信Terra-MODIS:(左)トゥルーカラー画像,(右)AVI6段階表示画像

Aqua衛星の観測は18日16時48分UT=19日1時48分JST頃である。この時刻頃には、宮崎地方気象台では黄砂が観測されず、延岡特別地域気象でも煙霧は観測されていない。従って、衛星画像で検出された黄砂は、宮崎県では地上付近でなく、高空にあったものと判断される。

3月19日午前(図9-1右図の白丸)に蘭州市付近に黄砂(レベル1~3)が存在する。この黄砂は、19日午後には図9-2の白丸に示すようにより強い黄砂(レベル1~4)に発達している。従って、蘭州市付近で19日に黄砂

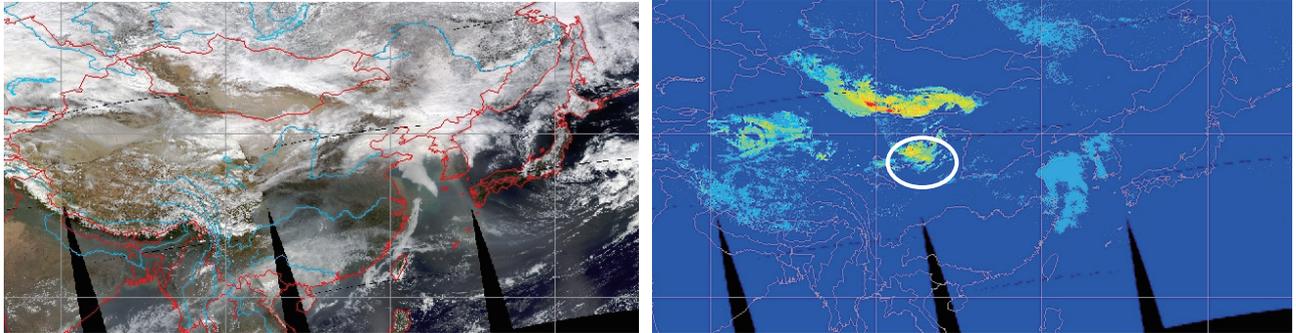


図9-2. 3月19日3時45分~8時55分UT受信Aqua-MODIS:(左)トルーカラー画像,(右)AVI6段階表示画像

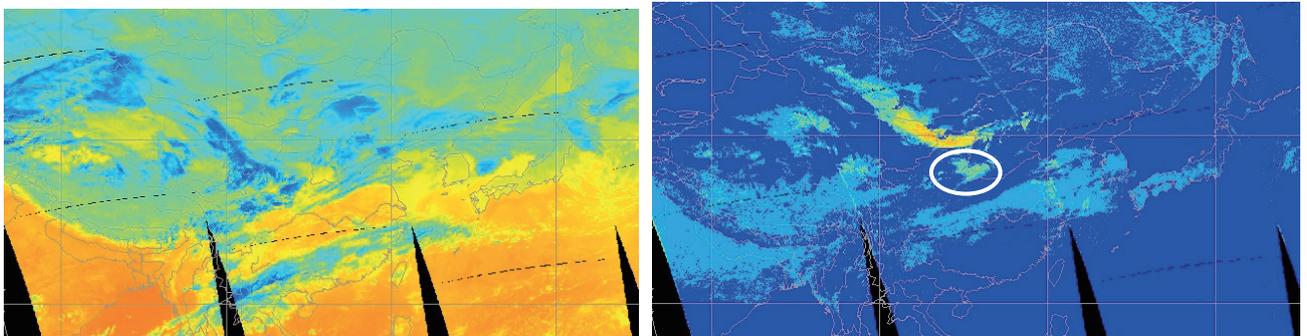


図9-3. 3月19日(夜)11時30分~16時40分UT受信Terra-MODIS:(左)T11温度画像,(右)AVI6段階表示画像

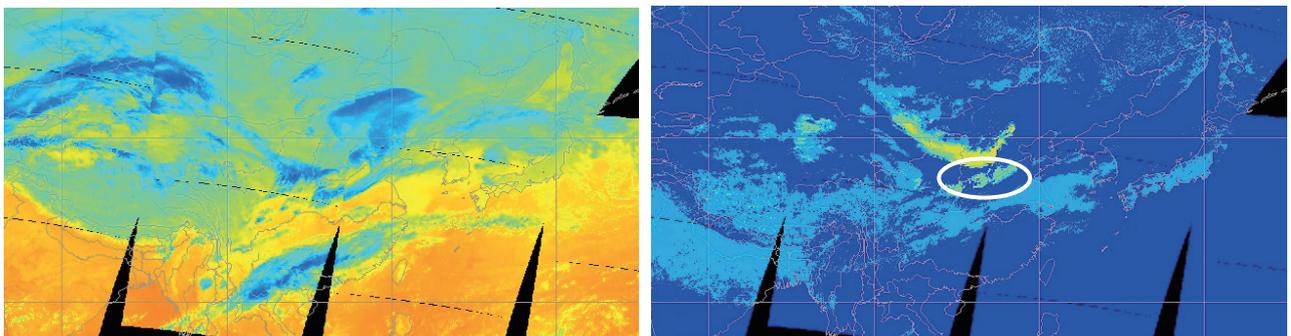


図9-4. 3月19日(夜)15時50分~20時55分UT受信Aqua-MODIS:(左)T11温度画像,(右)AVI6段階表示画像

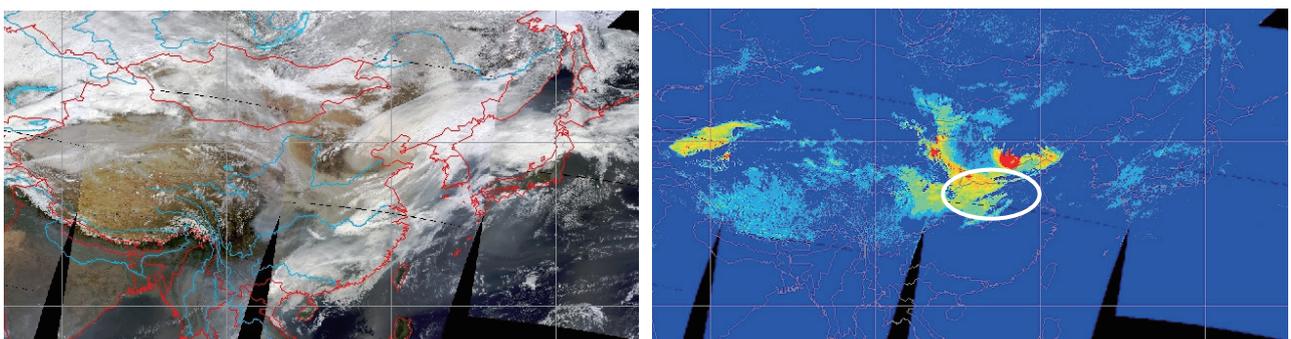


図10-1. 3月20日1時10分~6時20分UT受信Terra-MODIS:(左)トルーカラー画像,(右)AVI6段階表示画像

が発生したと判断できる。この黄砂は、19日14時52分UT頃に図9-3の白丸(陝西省と山西省南部の省境付近)、19日19時9分UT=20日4時9分JST頃に図9-4の白丸(山西省南部と河南省北部の省境付近)、20日午前図10-1の白丸(同場所から海岸近くまで)、20日午後に図10-2の白丸(河南省から海岸まで)、20日13時56分UT頃に図10-3の白丸(中国の海岸～東シナ海～韓国南部～九州北部)、に移動している。20日16時36分UT=21日1時36分JST頃には図10-4の白丸(東シナ海～九州全体)に移動し、都農町付近を含む宮崎県でも

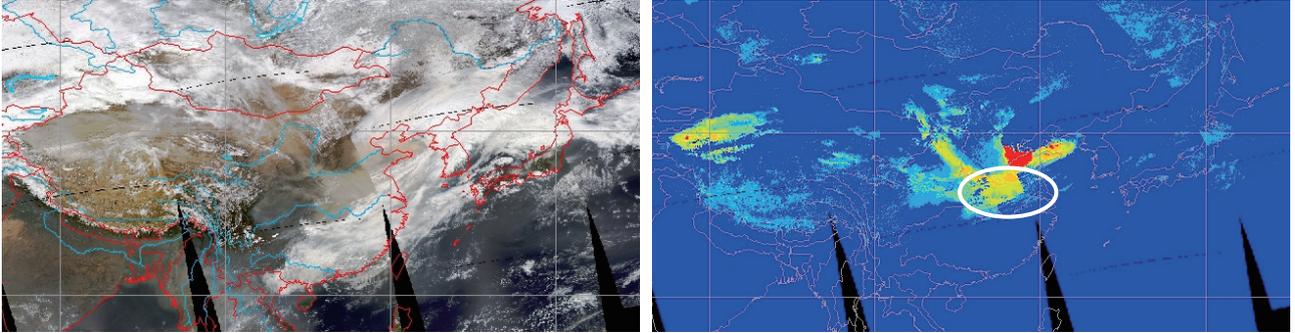


図10-2. 3月20日2時50分～8時0分UT受信Aqua-MODIS:(左)トルーカラー画像,(右)AVI6段階表示画像

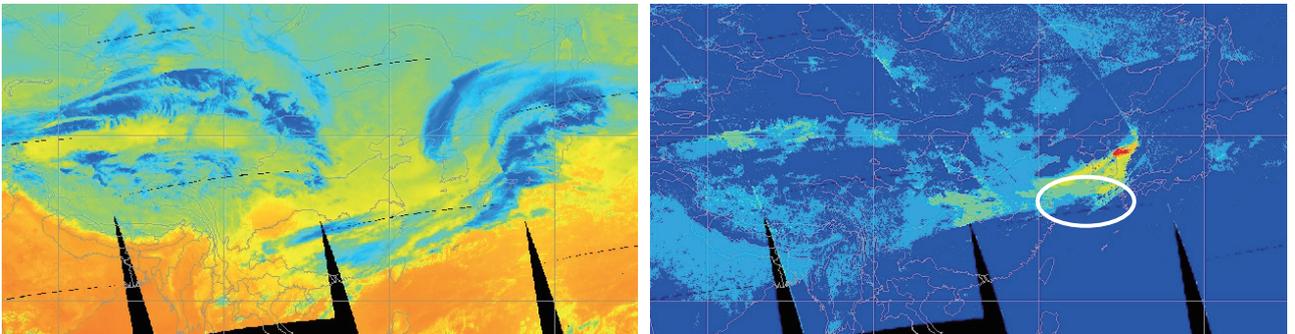


図10-3. 3月20日(夜)12時10分～17時20分UT受信Terra-MODIS:(左)T11温度画像,(右)AVI6段階表示画像

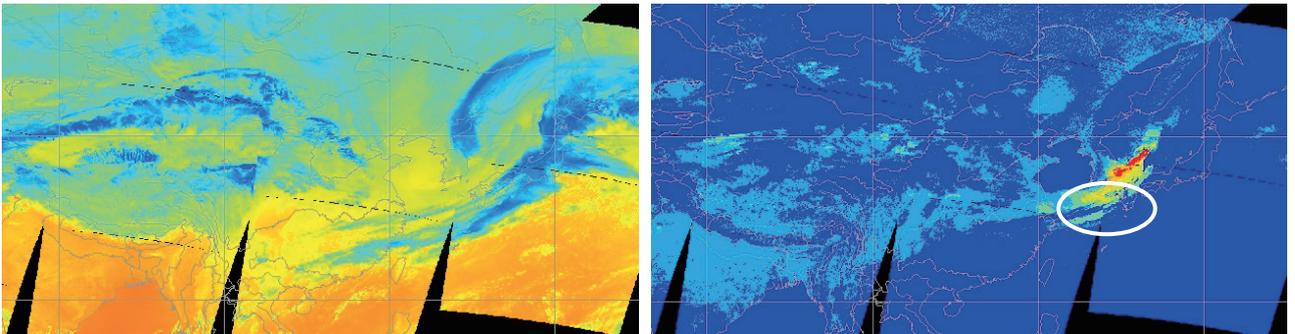


図10-4. 3月20日(夜)16時30分～21時40分UT受信Aqua-MODIS:(左)T11温度画像,(右)AVI6段階表示画像

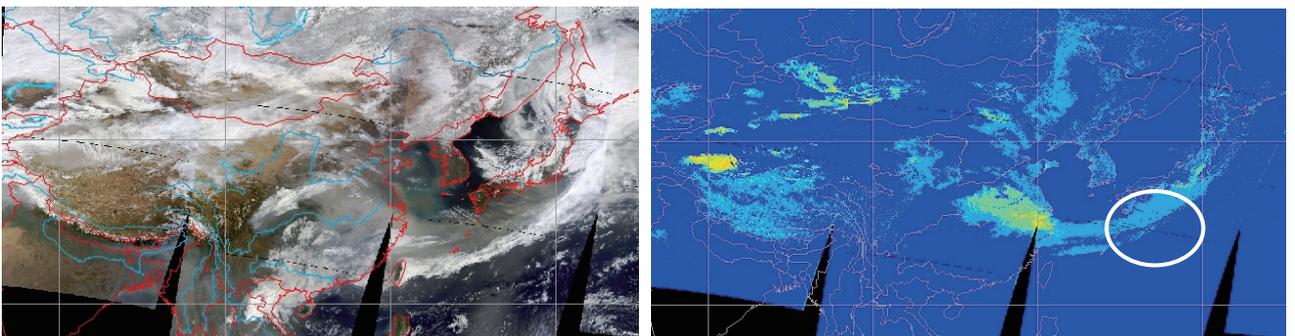


図11-1. 3月21日0時15分～5時20分UT受信Terra-MODIS:(左)トルーカラー画像,(右)AVI6段階表示画像

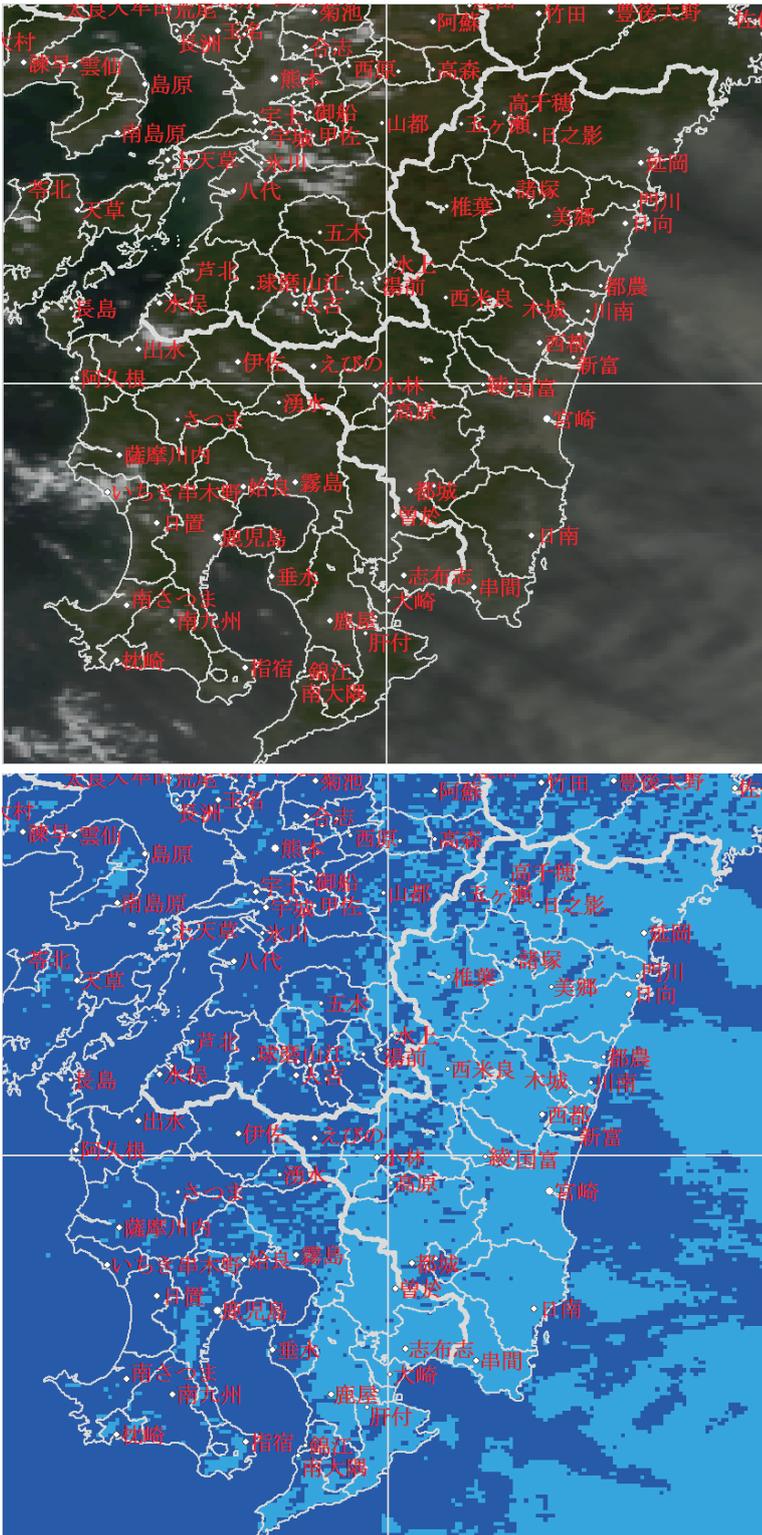


図 11-2. 3月21日1時59分 UT=10時59分 JST 頃受信 Terra-MODIS (図 11-1 の九州南部を拡大表示：北緯 31~33 度，東経 130~132 度)

(上) トルーカラー画像，(下) AVI6 段階表示画像 (都農町を含む宮崎県のほぼ全域でレベル 1 (水色で表示) の黄砂が検出されている。)

レベル 1~2 の黄砂が存在する。この時刻頃には宮崎地方気象台では黄砂が観測され、延岡特別地域気象観測所でも煙霧が観測されている。従って都農町付近では黄砂が地上付近にあることになる。

図 10-4 右図の白丸の部分は、21日1時59分 UT=10時59分 JST 頃には図 11-1 右図の白丸の部分へ南東方向に移動し、21日3時37分 UT=12時37分 JST 頃には更に南東方向に移動 (図 11-3 右図の白丸) している。図 10-4, 図 11-1, 図 11-3 共に都農町付近に黄砂があるが、この黄砂の部分は3月19日に蘭州市で発生した黄砂 (図 9-1 右図の白丸) が都農町に到達したものである。宮崎地方気象台では21日1時30分~13時50分 JST に黄砂が観測され、延岡特別地域気象観測所でも煙霧が21日0時43分~12時20分 JST に観測されている。従って、図 10-4, 図 11-1, 図 11-3 の都農町付近では黄砂が地上付近にあることになる。3月22日 (図 12) にはその黄砂は消滅している。

なお、図 11-1 右図 (AVI 6 段階表示画像) では日本の大部分でレベル 1~3 の黄砂が存在している。気象庁の Web ページ (http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_table_2010.html) によれば、3月21日には日本全国の黄砂観測施設 61 地点中 58 地点で黄砂が観測されている。

6. 3月21日午前の衛星画像だけによる宮崎県の黄砂についての考察

3月21日午前には、図 11-2 下図に示すようにほぼ宮崎県全域でレベル 1 の黄砂が検出されている。図 11-2 上図のルーカラー画像で黄砂 (薄茶色) が見えるのは地形の標高の低い部分である。即ち、黄砂が地上付近からある高度以下に存在する

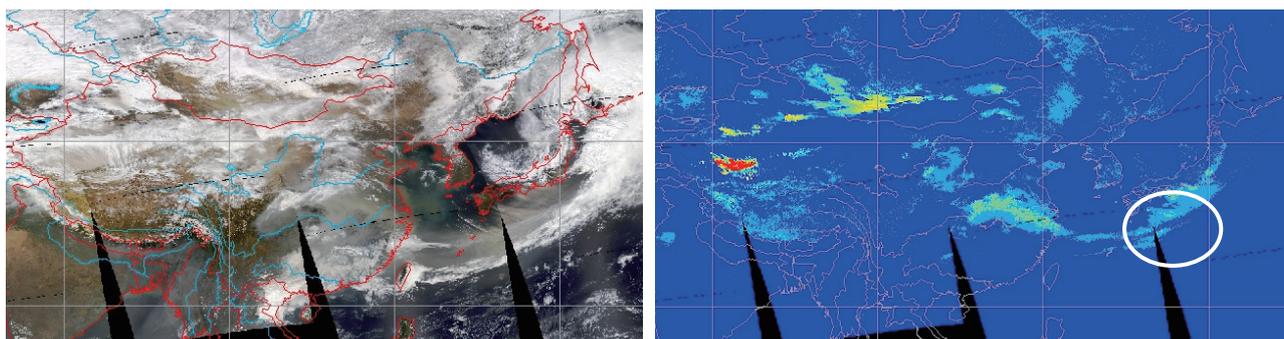


図 11-3. 3月21日3時30分～8時40分 UT 受信 Aqua-MODIS : (左) トルーカラー画像, (右) AVI6 段階表示画像

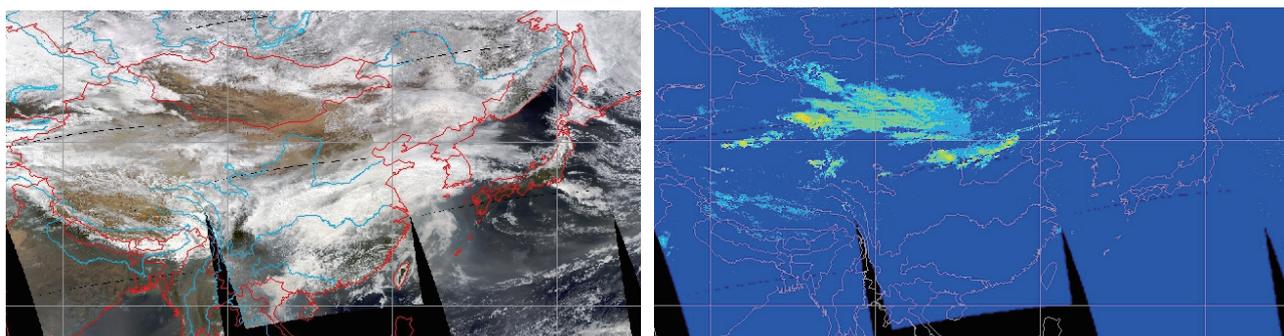


図 12. 3月22日2時35分～7時45分 UT 受信 Aqua-MODIS : (左) トルーカラー画像, (右) AVI6 段階表示画像

場合、地形の標高の高い所では黄砂の層が薄いため、TRUEカラー画像では黄砂として見えないが、地形の標高が低い所では黄砂の層が厚いため、TRUEカラー画像で黄砂として見えるのである。従って、衛星画像だけによる判定でも、21日午前には都農町を含む宮崎県の地上に黄砂が降下したと言える。従って、真木氏らの主張が正しいとすれば、この黄砂（3月21日に都農町に到達した黄砂）が口蹄疫発生の原因であると結論できる。

7. 結論

本論文では、真木氏らの主張「2010年3月26日に宮崎県で発生した口蹄疫の原因は、ウイルスが付着した黄砂が中国から日本の宮崎県へ飛来したことである」について、Terra/Aqua衛星MODISデータよりTRUEカラー・モザイク画像、AVI6段階表示モザイク画像、T11温度モザイク画像を作成して、検討した。真木氏らの主張が正しいとすれば、第5節の図9-1～図11-3の解説および第6節の考察で示したように、3月19日中国・甘粛省の蘭州市付近で発生した黄砂（図9-1～9-2）が、3月20日に山西省南部を経由（図9-3～9-4, 図10-1）して、3月21日に宮崎県都農町付近に到着（図10-4, 図11-1～11-3）したことが、宮崎県での口蹄疫発生の原因である。

なお、3月20日夜に韓国上空を通った黄砂の部分が21日に日本に飛来しているが、韓国の4月7日以前の口蹄疫はO型でなくA型であるので、韓国上空で黄砂がウイルスを取込んだのが原因という別の説は否定される。また、口蹄疫発生の原因として、口蹄疫ウイルスを持った鳥が外国から宮崎県へ飛来した可能性、または、口蹄疫ウイルスが人間の衣服・靴・荷物などに付着して外国から宮崎県へ来たという可能性は排除できない。

謝辞 本研究は、文部科学省・平成23～27年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「北陸地域における環境の計測と保全に関する研究拠点形成」（研究代表者：青山隆司）の助成を受けており、感謝する。なお、筆者が本研究を行ったのは、シンポジウム[16]のときに真木太一教授（筑波大学、元日本沙漠学会会長）より要旨集[8]を頂戴したからであることを記し、謝意を表す。

参考文献

- [1]環境省：“黄砂”，<http://www.env.go.jp/air/dss/pamph/pdf/full.pdf> (2008-03)
- [2]農林水産省消費・安全局動物衛生課：“口蹄疫について知りたい方へ”，(2010年7月23日更新)，
http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_fmd/syh_siritai.html
- [3]農林水産省口蹄疫疫学調査チーム：“口蹄疫の疫学調査に係る中間取りまとめ ー侵入経路と伝播経路を中心にー”，(全110ページ，2010年11月24日公表)，http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_fmd/pdf/ekigaku_matome.pdf，および，同概要，http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_fmd/pdf/tyuukann_gaiyou.pdf
- [4]農林水産省口蹄疫疫学調査チーム：“「口蹄疫の疫学調査に係る中間取りまとめ」に関する補完報告 ー分離ウイルスの性状分析結果等ー”，(全24ページ，2013年3月27日公表)，http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_fmd/pdf/hokan-houkoku.pdf，および，同概要，http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_fmd/pdf/hokan-gaiyou.pdf
- [5]農林水産省口蹄疫対策検証委員会：“口蹄疫対策検証委員会報告書”，(全50ページ，2010年11月24日公表)，
http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_fmd/pdf/kensyo_hokoku_sho.pdf，および，同概要，
http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_fmd/pdf/kensyo_gaiyo.pdf
- [6]宮崎県口蹄疫対策検証委員会：“2010年に宮崎県で発生した口蹄疫の対策に関する調査報告書(二度と同じ事態を引き起こさないための提言)”，(全102ページ，2011年1月公表)，<http://www.pref.miyazaki.lg.jp/parts/000151738.pdf>
- [7]宮崎県：“平成22年に宮崎県で発生した口蹄疫に関する防疫と再生・復興の記録 ー忘れないそして前へー”，(2012年11月公表)，本編第1章 概要(全14ページ)，<http://www.pref.miyazaki.lg.jp/parts/000190043.pdf>
- [8]真木太一，脇水健次，杜明遠，八田珠郎，磯田博子，森尾貴広，山田パリーダ，安部征雄：“黄砂による口蹄疫・麦さび病発生の気象的考察”，日本学術会議公開シンポジウム「口蹄疫および鳥インフルエンザ発生の状況把握とその行方」講演要旨集，pp.1-8，2011年6月8日，筑波大学にて開催
- [9]真木太一：“口蹄疫発生の検証およびその行方と対策”，学術の動向2011年2月号，p.59
- [10]磯田博子，山田パリーダ，森尾貴広：“黄砂によって輸送される病原性物質”，*ibid.*，pp.60-64
- [11]真木太一，八田珠郎，杜明遠，脇水健次：“宮崎県での口蹄疫発生に及ぼす黄砂および風による蔓延の影響”，*ibid.*，pp.65-70
- [12]津田知幸：“2010年宮崎で発生した口蹄疫について”，*ibid.*，pp.71-76
- [13]村上洋介：“口蹄疫とは：なぜ感染が拡大するのか？”，*ibid.*，pp.77-81
- [14]白井淳資：“近年，英国，韓国，および我が国で発生した口蹄疫について ー特に感染経路を中心にー”，*ibid.*，pp.82-90
- [15]真木太一，鈴木義則，早川誠而，磯田博子，青木正敏，大政謙次，宮崎毅，山形俊男：“ディスカッション報告”，*ibid.*，pp.91-95
- [16]真木太一，磯田博子，森尾貴広，山田パリーダ，八田珠郎，杜明遠，脇水健次：“黄砂と口蹄疫発生との関係性について”，第6回大気バイオエアロゾルシンポジウム，pp.29-30，2011年12月9日～10日，国立極地研究所にて開催
- [17]真木太一：“黄砂と口蹄疫 ー大気汚染物質と病原微生物ー”，技報堂出版(2012-03)
- [18] Taichi Maki, Hiroko Isoda, Takahiro Morio, Parida Yamada, Tamao Hatta, Mingyuan Du, Kenji Wakimizu: “Outbreak of Foot-and-Mouth Disease in Miyazaki from March to July 2010 - Effect of Yellow Sand and Local Surface Wind -”, *Journal of Arid Land Studies* (沙漠研究), 日本沙漠学会, vol.22, no.1, pp.167-170 (2012-06)
- [19]木下紀正，西之園雅晴，矢野利明，飯野直子，鵜野伊津志：“NOAA/AVHRR データによる黄砂の検出と解析”，日本リモートセンシング学会第26回学術講演会論文集，pp.253-256(1999)
- [20]加藤芳信：“MODIS モザイク画像によるタクラマカン砂漠から日本までの黄砂の検出”，福井工業大学研究紀要，第38号，第1部，pp.329-336(2008-05)
- [21] Yoshinobu Kato: “Detection of dust and sandstorms from Taklamakan Desert to Japan by using MODIS mosaic images”, *Proceedings of SPIE*, vol.7152, pp.71520P/1-10 (2008-12)
- [22] Yoshinobu Kato: “Detection properties of dust and sandstorms by using AVI of MODIS data”, *Proceedings of SPIE*, vol.7859, pp.78590H/1-12 (2010-12)
- [23] Yoshinobu Kato: “Influence and discrimination of clouds in the detection of dust and sandstorms using AVI”, *Proceedings of SPIE*, vol.8523, pp.85231F/1-11 (2012-11)
- [24]加藤芳信：“2010年3月宮崎県口蹄疫発生の黄砂原因説に対するMODIS衛星画像による検討”，第7回大気バイオエアロゾルシンポジウム，pp.41-42，2013年1月31日～2月1日，滋賀県立大学にて開催

(平成25年3月31日受理)