

差分輝度値の確率密度分布を用いた火星塵旋風の自動検出 Automated Detection of Martian Dust Devil using Probability Density of Subtracted Radiance

矢島 一輝*
Kazuki Yajima

小郷原 一智†
Kazunori Ogohara

1 研究背景

火星のダストデビル(塵旋風, 図1)は, 地表から巻き上げられたダストが渦状に立ち上がる現象である. 火星探査時の防災や, 火星の大気運動の理解のためにはダストデビルの統計的な性質を把握することが必要である. 着陸機が撮影する画像に映る大部分の領域は遠方であり, その中の大多数のダストデビルは必然的に画像上で小さく写る. そのため, 画像上の微小なダストデビルを検出できない限り, ダストデビルの統計的な性質を得ることは困難である. しかし, Ogohara et al.(2018) が提案した手法では, 肝心の微小なダストデビルの多くは偽陰性であった. そこで本研究では微小なダストデビルの差分輝度値に着目し, 同程度の差分輝度値が集合している領域がダストデビルと視認されるという仮定に基づいて自動検出を行う手法を提案する.

2 手法

本研究では, Mars Exprolation Rovers (MER) ミッションによる探査機 Spirit に搭載された Navigation Camera (Navcam) の画像を 105 枚使用する (https://pds-imaging.jpl.nasa.gov/data/mer/spirit/0mer2no_0xxx/data/). 画素数は 1024×256 (pixel) で, Navcam の観測波長は R バンド (580 ~ 720nm) であり, 20 ~ 40 秒間隔で画像を撮影されている.

2.1 前処理

同じ場所, 同じ視野で異なる時間に撮影された 2 枚の画像に背景差分を行うことで, 2 枚の画像の異なる部分のみを抽出する. 元画像 (図 2a) では一見ダストデビ



図 1: 火星のダストデビル [1].

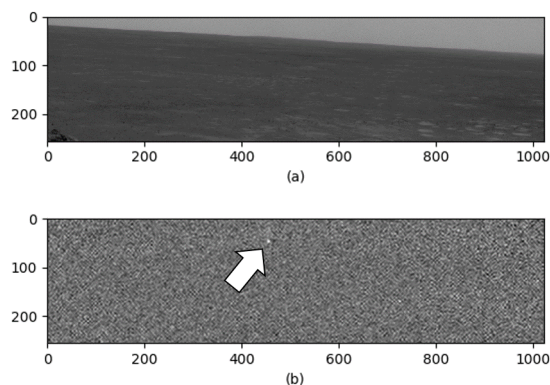


図 2: (a) 元画像, (b) 差分画像. 矢印がダストデビルを示している.

ルが存在していないように見えるが, 差分画像 (図 2b) では中央上部に存在していることが確認できる. 入力画像 1 枚に対して時間的に前後の画像を背景画像とし, 2 枚の背景差分画像を作成する. 地上に写るダストデビルは地上より明るく, 空領域に映るダストデビルは空よりも暗いため, 差分した際にダストデビルが地上では正, 空では負の値になってしまう. そこで我々は, Ogohara et al. (2018) の方法を参考にして, ダストデビルの正負反転を修正した.

*滋賀県立大学工学研究科

†滋賀県立大学工学部

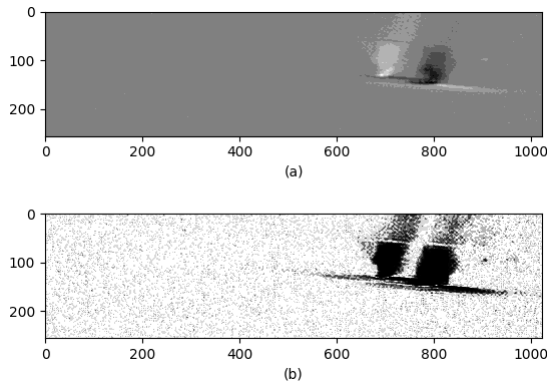


図 3: (a) 画像 N . (b) 画像 P .

2.2 2 値化プロセス

ダストデビルの写っていない差分画像から差分輝度値ヒストグラムを作成する．このヒストグラムを用いてダストデビルが写っている差分画像の差分輝度値が何番目の階級に入るのかを調べることで，その番号を画素値とした画像 (画像 N) を作成する (図 3a)．さらに，同じ差分輝度値ヒストグラムの縦軸をピクセルの総数で除すると，差分輝度値の相対度数のヒストグラムが得られる．相対度数を確率だと思えば，ダストデビルが写っている差分画像の差分輝度値が何番目の階級に入るのかを調べ，差分輝度値の生起確率を画素値とする確率画像 (画像 P) が得られる (図 3b)．

画像 N および画像 P の各々から 3×3 のパッチを，1 画素ごとに移動させながら切り出していく．画像 N について，パッチ領域内に何個同じ値があるかを数え，その組み合わせを求める．また，確率画像の同じパッチ領域内において確率の総乗を計算し，階級番号の組み合わせ数との積を画素値とした画像を作成し，閾値処理によって画像を 2 値化する．2 枚の 2 値化画像が得られることになるので，それらの論理積によって偽陽性を削除する．最後に，ダストデビルが分割されて，正確な数をカウントすることができなくなることを防ぐため，2 値化画像に膨張処理を行う．

3 結果および考察

使用した差分画像の一例と前章の手法で 2 値化した画像を図 4 に示す．また，Ogohara et al. (2018) の supplement material を正解として，Precision, Recall, F-measure を用いた精度評価を行った (表 1)．表 1 のどの評価指標においても本研究の結果は向上している．すなわち，偽陽性を増やすことなく，先行研究では検

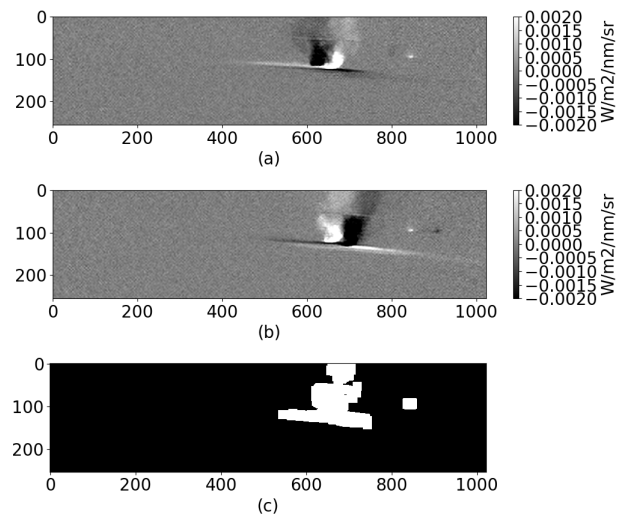


図 4: (a) 入力画像 (2005/05/16/08:27:58 撮影) と背景画像 (同日 08:27:38 撮影) から作成した差分画像 . (b) 入力画像 (2005/05/16/08:27:58 撮影) と背景画像 (同日 08:28:18 撮影) から作成した差分画像 . (c) a と b を 2 値化して論理積を取った画像 .

表 1: Precision, Recall, F-measure を用いた先行研究 [2] との比較 .

	Precision	Recall	F-measure
先行研究 [2]	0.80	0.83	0.82
本研究	0.82	0.87	0.85

出できなかった微小なダストデビルを検出できたといえる .

4 参考文献

[1]Greeley, R., Whelley, P. L., Arvidson, R. E., Nathalie, C. A., Daniel, F. J., Brenda, F. J., Paul, G.G., Matthew, G. P., Ruslan, K. O., Geoffrey, L. A., Mark, L. T., Lynn, N. D. V., Steven, S. W., and Shane, T. D., "Active dust devils in Gusev crater, Mars: Observations from the Mars Exploration Rover Spirit", J. Geophys. Res., 111, E12S09111, E12S09 (2006).

[2]Ogohara, K., Watanabe, T., Okumura, S., and Hatanaka, Y., "Automatic detection of typical dust devils from Mars landscape images", Adv. Space Res., 61, 1158–1169 (2018).