

画像認識と集合知に基づく月および火星表面の人面状構造物探索

笹尾和宏^{†1} 高須正和^{†2} 関治之^{†3} 奈良部隆行^{†4}
山本光穂^{†5} 飯田哲^{†1} 山本博之^{†6} 栗原一貴^{†7}

本論文では、顔認識技術と集合知に基づき、主に月および火星表面から俗に「人面岩」とも言われる、人の顔の形をした構造物の探索について報告する。我々は Brightness Binary Feature をはじめとする複数の顔認識アルゴリズムを併用し、NASA が提供した膨大な月および火星表面の衛星画像から人面状構造物を検出した。さらに、検出した映像をユーザが鑑賞、レーティングし、質の良いものを抽出するアプリケーションを試作した。

A Face-like Structure Detection on Moon and Mars Surfaces using Image Processing and Wisdom of Clouds

KAZUHIRO SASAO^{†1}, MASAKAZU TAKASU^{†2}, HAL SEKI^{†3},
TAKAYUKI NARABU^{†4}, MITSUO YAMAMOTO^{†5},
SATOSHI IIDA^{†1}, HIROYUKI YAMAMOTO^{†6}, KAZUTAKA KURIHARA^{†7},

In this paper huge amount of satellite images of the Earth, the Moon, and the Mars provided by NASA Space App Challenge 2013 were explored and many interesting face-like structure were detected using multiple face recognition algorithms such as Brightness Binary Feature. We also prototyped a social service application allowing users to appreciate and rate the detected face-like images to extract the quality results.

1. はじめに

人類は、古代から様々な形で宇宙と関りをもって生活をしてきた。古代の人々は夜空の星が1年の時間の流れと共に規則正しく周回していることを知り、季節や方位を知る拠り所とした。また、夜空に輝く無数の星々は神秘の象徴でもあり、世界中の様々な文化に多様な影響を与えた。

一方で、宇宙の神秘性は、超自然的なものとして、様々な迷信を生み出した。例えば北欧神話においては、宇宙は大きな世界樹によって構成されており、その世界はその樹の上に構成されていると考えられていた。また古代インドにおいては、地球は水の化身であるコブラの上に亀が座り、その上に3匹の象が乗り、象の上に大地や山が乗っており、その象が怒ると地震が発生する等と考えられていた。これら、歴史上の各種文明において生み出された迷信に対する価値については本論文においては肯定も否定もしないが、宇宙科学が発達した今日の状況下においても、依然としてあからさまに怪しい迷信が生み出され続けられているとい

う現状がある。

特に、近年の宇宙観測技術の発展から、宇宙の様々な状態を視覚化する手法が生まれてきており、その可視化されたデータと現実世界のオブジェクトとを結びつけて、新たな迷信の生成する、というアプローチが多く取られるようになってきている。例えば1976年には、NASAのバイキング1号が撮影した火星表面の画像から人間の顔に似た岩が発見されたとして様々な憶測を呼んだ (Figure 1)。また、最近においては、NASAが2012年に打ち上げた火星探査船キュリオシティが観測した火星の地表からCDが発見されたとして、話題となった[1](Figure 2)。

このように、宇宙の様々な可視化されたデータを現実世界のオブジェクトと結びつけ、新たな迷信が生み出される傾向は依然として止まる気配がない。ましてや昨今の政府のオープンガバメント政策やソーシャル・ネットワークの普及等により、今後より多くの衛星画像がインターネット上に公開・流通し、多くの人が閲覧する事により、新たな迷信が次々と生み出されることは容易に想像できる。

このような宇宙に関する新たな迷信が絶え間なく生み出される現状と我々は戦うため、本プロジェクトでは

1. 視覚化された衛星画像から画像認識技術及び集合知を使うことにより、現実世界のオブジェクトに類似するオブジェクトを簡単・大量に発見できる事を証明する事
2. 1.の証明を通じ、衛星画像から現実世界のオブジェクトに類似するオブジェクトを探索することに対し如何に意味が無いかを証明する事

†1 ニコニコ技術部

Nico-TECH:

†2 チームラボ

teamLab, INC

†3 Georepublic Japan

Georepublic Japan

†4 NTT データ CSS

NTT DATA CCS CORPORATION

†5 株式会社デンソーアイティラボラトリ

Denso IT Laboratory, Inc.

†6 株式会社デンソー

DENSO CORPORATION

†7 産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

を目的として研究を実施した。

本論文の構成は以下の通りである。まず、第二章においては、宇宙観測データの大規模解析処理における先行研究等について紹介する。第三章においては、人面状構造物探索を目的として開発したシステムの構成について示す。第四章においては、開発したシステムを利用して発見した人面上構造物について紹介する。第五章においては、本研究についてまとめる。

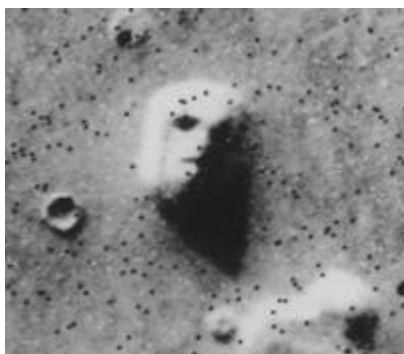


Figure 1 バイキング号が撮影した人面に似た岩



Figure 2 火星の地表から発見された CD とされる画像

2. 関連研究

宇宙に関する観測データを分散処理系を用いて効率的に解析する手法については、カリフォルニア大学バークレー校による SETI@home 等が知られている[2]. SETI@home では、電波望遠鏡で得た信号から、ある帯域を取り出し、その中に地球外の知的生命が発したと推測される自然界には起こりにくい信号を発見することを目的としていた。従来は専用のスーパーコンピュータを利用してしたが、この研究では BONIC とよばれるソフトウェアを開発し、インターネット経由で協力を者を募り、接続された多数のコンピュータで計算を行ったことが特徴的である。

集合知を用いて web 上に存在する画像データ中から、特定のオブジェクトを発見する技術に関しては例えば Google Image Labeler 等が知られている[3]. 同手法は提示される画像に対する tag をゲーム形式を取り参加者に競争させる事により、大量に質の良い tag 情報を取得する事を可能としている。同サービスにて付与された tag 情報は Google Image Search の検索精度向上に利用されている。

一方で栗原[4] は地球表面上の衛星画像について、

Haar-like 特徴量を用いた顔認識アルゴリズムにより人面状構造物を探索した。それに対し本研究では、探索対象を地球外に広げ、月および火星等の惑星を扱った事。また顔認識に複数のアルゴリズムを併用し、計算にクラウド環境を採用することで効率化を図った事に新規性がある。

なお、2013 年に Onformative が地球表面上での人面状構造物について類似のプロジェクトを発表した[5]が、我々の取り組みの方が早く、また対象も地球外に及んでおり、さらに集合知による画像選別を導入している点で新規性がある。

3. システム概要

3.1 システム構成

Fig.3 に人面状構造物探索システムの構成を記す。

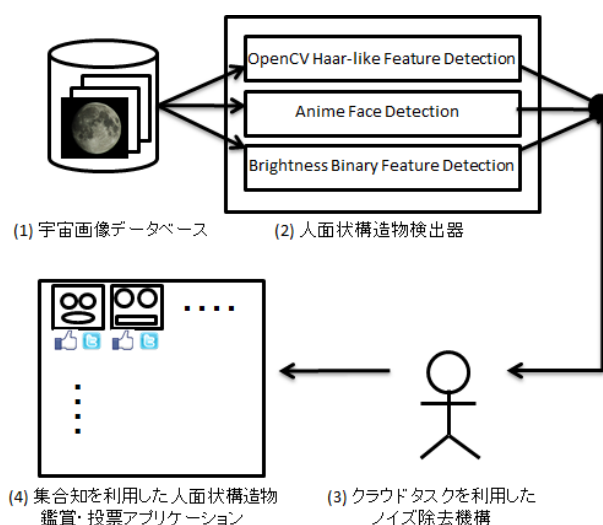


Figure 3 システム構成

同システムは以下の 4 種の機能部により構成される。

- (1) 宇宙画像データベース
- (2) 人面形状構造物検出器
- (3) クラウドタスクを利用したノイズ除去機構
- (4) 集合知を利用した人面状構造物鑑賞・投票アプリケーション

以下にそれぞれの機能部の役割について記す。

3.2 宇宙画像データベース

本機能部は、web 上の衛星画像をクローリングする機能、衛星画像の一次保有機能及び、画像の各種コンテキスト(対象惑星・衛星、探索衛星、URL 等)の情報を有するデータベースによって構成される。

なお、本システムは特に NASA Jet Propulsion Laboratory[6]から公開されている観測データを中心として利用することを前提としている。同研究所は主に太陽系内天体のための探査機等に関する研究・開発を実施している研究所であり、過去にパイオニアやボイジャーや火星探査機マーズ・エクスプロレーション・ローバーのスピリット・オポ

チュニティ等が同研究所で開発された。

同研究所で開発された探索機を用い観測されたデータは web 上で JPL ライセンスにもとづき公開されている。

3.3 人面状構造物検出器

3 種の画像認識アルゴリズムを並行してクラウド環境上にて処理することを可能とする人面状構造検出器を構築した。

1. OpenCV Haar-like feature detection

顔認識アルゴリズムとして広く利用されている Haar-like 特徴量ベースの物体認識アルゴリズム[4,5]は高速に物体認識が可能であるため、本研究でも利用した。OpenCV にはあらかじめ複数の学習済みデータが提供されているため、それぞれを同一画像に対して適用した。本アルゴリズムはテンプレートマッチングの一種であり、テンプレートのサイズが一致しない場合には物体が認識できない。そこで、32x32 ピクセルの範囲から 1.1 倍ずつ画像サイズを拡大していき、検索対象の画像のサイズになるまで繰り返した。この結果より多くの人面状構造物を検出することができた。

2. Anime face detection

1.のアルゴリズムは、写実的な顔画像を効率よく検出するように学習されているが、イラスト的な顔画像は検出することができない。そこで、本研究では、アニメ顔検出器[6]も併用した。この検出器では Haar-like 特徴に代わり、LBP (Local Binary Pattern) 特徴を利用している。LBP は局所的な特徴を抽出でき、また、輝度変化にも強いアルゴリズムである。

3. Brightness Binary Feature detection

Brightness Binary Feature [7]は、width-first-search (WFS) tree detector structure や、ブースティング・アルゴリズムを利用した顔画像認識アルゴリズムである。他の手法と比較して、顔画像の回転に強いという特徴があり、汎化性能が高い事が知られている。今回、LFW[8]から 24x24 size で構成される顔画像 13125 枚を取得して正例を、8000 枚の自然画像(顔画像が含まれていない画像)を Flickr からダウンロードして負例をとって学習させた上で人面形状構造物検出モデルを作成した。

なお、同人面状構造検出器はクラウド上で分散処理ができるように設計してある。

3.4 クラウドタスクモデルを利用した検出ノイズ除去機構

今回構築した人面状構造物検出器は、高精度で人面状構造物を検出することができるが、それでも検出ノイズが含まれる。そこで、検出結果からのノイズを除去する事を主な目的として、クラウドタスクを利用した検出ノイズ除去機構を人面状構造物検出機構の後処理に採用した。同機構は、被験者にアンケートにて検出した人面状構造物が明らかに顔と見えないか、見えるか、を評価してもらい、見えない、と評価された画像に対しては、検出ノイズとみなし、

以降の処理から除く、というアルゴリズムを取る。

3.5 集合知を利用した人面状構造物鑑賞・投票サービス

前段の処理までの結果、人面状構造物を機械的に大量に発見することが可能となる。一方で、同過程までの処理の結果発見される人面状構造物はあくまで人の顔に類似する形状を持つ人面形状を持つ構造物だけであり、それらのコンテキスト(その構造物が誰に似ているか、どの程度その構造物が世の中にインパクトを与えるか)等についての情報は付与されていない。一方で、そのような情報が存在しないと、閲覧する側からすると、大量の画像からどの画像を閲覧して良いか選定することが困難である。また我々からしても、その画像がどの程度世の中にインパクトを与えるか定量的に評価する事が困難である。

同課題を解決するために、以下の機能・特徴を持つ人面状構造物鑑賞・投票サービスを開発した。

(1) 大量の構造物を容易に閲覧・評価できるインターフェース

画像認識によって検出された人面状構造物を PC やスマートフォンのブラウザを利用して容易に閲覧・評価できるような Web サイトを構築した[7]。検出した画像部分を正方形に切り出し、大きさをそろえて並べることで閲覧性を高めている。Figure 4 で分かるように、画像認識アルゴリズムによって機械的に検索された画像は必ずしも人間にとって何かしらの意味を想起させるようなものとはなっていない。しかしながら、無意味な画像を無視することは人間にとって比較的容易であるので、一度に大量の画像を提示し、その中から興味のある画像をクリックすることで、人間による評価とした。クリックされた結果は定期的集計し、表示順序に反映させている。

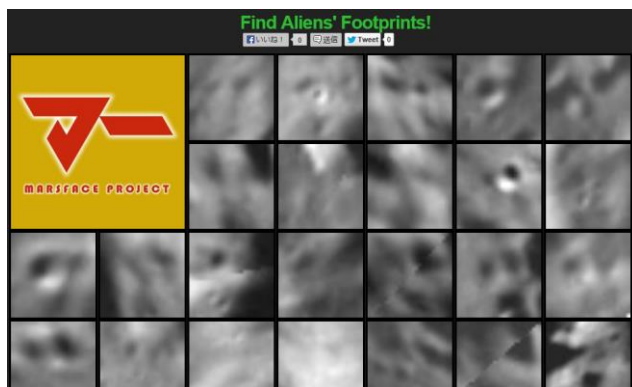


Figure 4 画像閲覧・評価 Web サイト

(2) 類似画像発見機能

検出した画像がインターネット上で公開されている既存の画像と類似していれば、その画像の特徴をより他人に説明しやすく、バイラル効果が期待できる。そこで、Figure 5 のように発見した画像から Google Image Search に容易にアクセスできるようにした。サイト利用者は、発見画像と検索結果を比較することで、「この人に似ている」といったコメントを画像に付与することができる。

(3) ソーシャル・ネットワークを利用したお気に入り構造物の登録

Facebook や Twitter のソーシャル・ネットワークの機能を利用し、発見した構造物に対し「いいね」やコメント等の付与機能を有する。なお、各構造物に対して「いいね」評価をしたユーザ数やコメント等から、各構造物に対する人気や、世の中でどのような印象を与えるか等について定量的に評価する事が可能となる。



Figure 5 Google Image Search との連携

4. 検出実験・結果

4.1 実験条件

同システムを利用することによって、

- ・ 容易に大量の人面形状構造物を衛星画像中から容易に発見することができるか、
- ・ 印象的な人面形状構造物を発見することができるかを検証するために実証実験を行った。

Table 1 に今回利用した画像の種類と枚数について記載する。また利用した画像の例を Figure 6, Figure 7 に示す。システムは Windows Azure 50 台及び linux1 台を用い実行した。

なお、今回の検証においては、開発スケジュールの関係から、集合知を利用した人面状構造物鑑賞・投票サービスの運用を通じた検出した人面状構造物の評価が実施できなかった。同処理の代替として、クラウドモデルを用いた検出ノイズ除去処理の後、複数の被験者(2名)が目検にて

1. 検出した人面状構造物が顔としての特徴を的確にとらえているか、また、印象に残るか、という観点から評価

2. 特に評価の高い人面上構造物に被験者がタグ付けを実施

という処理を実施した。



Figure 6 解析対象画像例 1(月)



Figure 7 解析対象画像例 2(火星)

Table 1 解析対象画像

対象物	画像数
火星	3526
月	903
その他(太陽系衛星等)	12970
総数	17399



Figure 8 月から検出した画像例(グレイ)

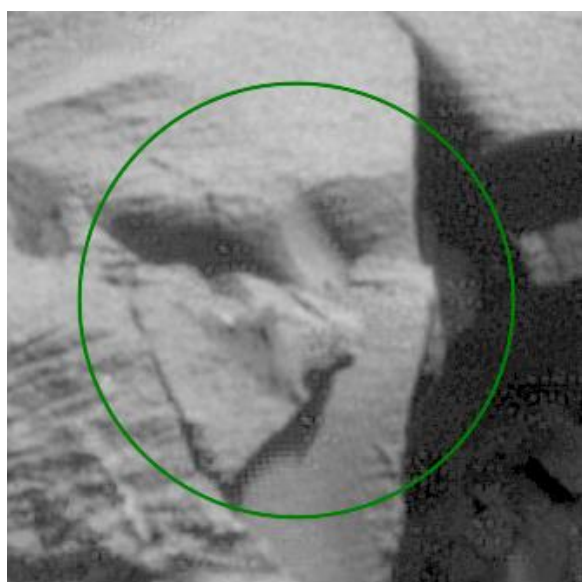


Figure 9 火星からの発見例(エジプト人)

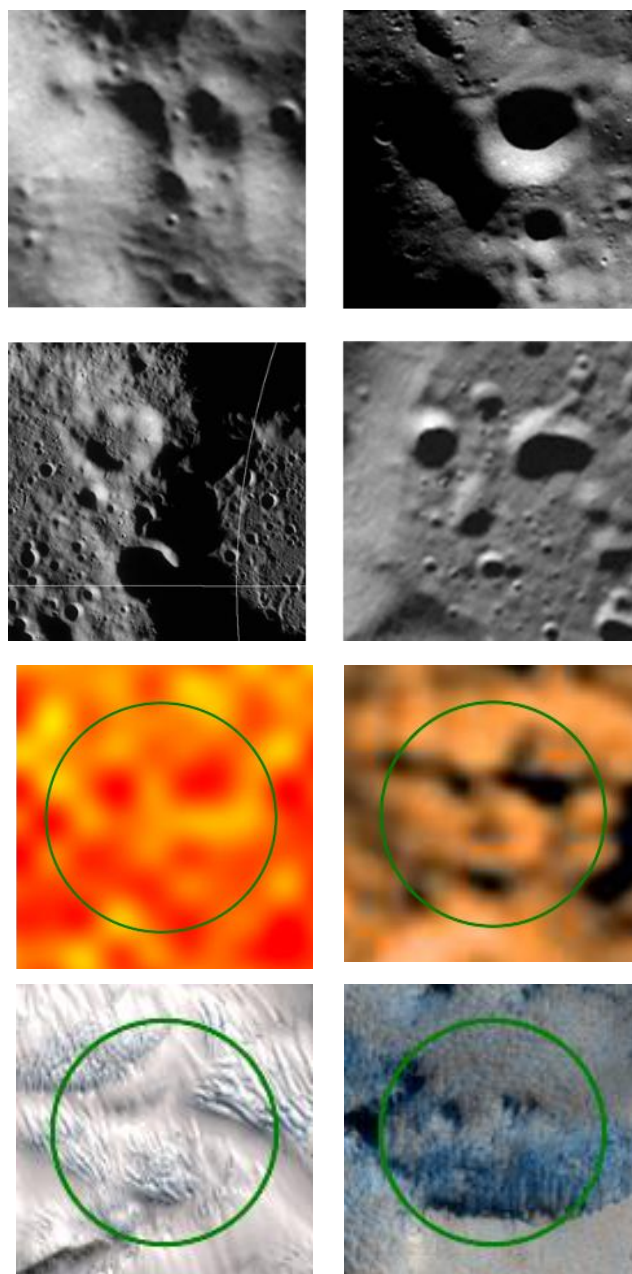


Figure 10 その他検出例

4.2 実験結果

同手法を用い検出した結果以下の実験結果を得ることができた。

(1)17399 枚の衛星画像を人面状構造物検出器を利用して人面状構造物検出処理を実施することにより、42355 個の人面状構造物を検出した。

なお、特に惑星の極周辺に人面状構造物が顕著に発見された。理由としては、太陽との位置の関係性から影が発生しやすく、その結果、人面形状が発生しやすいからである。

(2)集合知を組み合わせる事により、Figure 8-Figure 10 に示すような、人面形状に限りなく近い人面状構造物を衛星画像から発見することが可能なことが判明した。

なお、被験者となったユーザからは、

- ・ SNS 等に同結果を公表したい。
 - ・ 自分の顔に似ている人面状構造物を発見したい。
- 等のコメントを得ることが出来た。

5. おわりに

本論文においては、顔認識技術と集合知に基づき、主に月および火星表面から俗に「人面岩」とも言われる、人の顔の形をした構造物の探索手法について報告した。その結果、Brightness Binary Feature をはじめとする複数の顔認識アルゴリズムを併用することにより、衛星画像中から大量の人面状構造物を検出することが可能なことを確認した。さらに、検出した人面状構造物をユーザが鑑賞、レーティングするシステムを通じて評価することにより、より印象的な人面状構造物を発見することが可能であることを示した。

今後の課題においては、本論文では検証できなかった、ソーシャル・ネットワークを人面状構造物鑑賞・投票サービスの実運用を通じた、人面上構造物の検出の有効性を確認したいと考える。また、本論文においては発見対象として、人面状構造物を対象としたが、現実の世界においては、顔以外のオブジェクト、例えばピラミッド、文字列等も迷信の対象となっている。このことから人面以外の人工物も対象とした探索システムの開発を進めたい。

謝辞

本研究で紹介したシステムは NASA が主催する International Space Apps Challenge 2013[10]のイベントを通じて開発された。同イベントをサポートして頂いた参加者、運営スタッフ、審査員の方々、スポンサーに感謝する。また、同システムの開発・運用環境を提供していただいた日本マイクロソフト株式会社様及び、株式会社 IDC フロンティア様にも同様に感謝する。

参考文献

- 1) 火星でついに「黄金のCD」が発見される。
<http://www.yukawanet.com/archives/4483226.html>
- 2) SETI@home. <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>
- 3) Google Image Labeler. <http://images.google.com/imagelabeler/>
- 4) 栗原 一貴:画像認識と集合知による地球上の人面状構造物の探索, EC2010 予稿集, 2010.
- 5) Google Faces searching for faces on Google Maps.
<http://www.onformative.com/lab/googlefaces/>
- 6) NASA Jet Propulsion Laboratory. <http://photojournal.jpl.nasa.gov/>
Chang Huang; Haizhou Ai; Yuan Li; Shihong Lao, High-Performance Rotation Invariant Multiview Face Detection, " Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on , vol.29, no.4, pp.671,686, April 2007. doi: 10.1109/TPAMI.2007.1011
Labeled Faces in the Wild. <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>
- 7) Find Aliens' Footprints! <http://marproject.org/find.php>
- 8) International Space Apps Challenge. <http://spaceappschallenge.org/>