

HLS と HSV 色空間によるオーロラ判定の比較および地磁気との関連性の調査

Comparison of aurora judgment using HLS and HSV color spaces and evaluation of relationship between aurora and geomagnetic field

沖田 真樹[†] 小林 真[‡] 新 浩一[‡] 西 正博[‡][†] 広島市立大学情報科学部 [‡] 広島市立大学大学院情報科学研究科

1 はじめに

オーロラは、太陽活動や地磁気の変動などによって生じる自然現象である。これまでもオーロラの出現や形状等の判定をする研究が行われてきた。オーロラの様子が詳しく把握できれば、今後の短時間予報につながるといわれている。本研究では緑色発光のオーロラの有無判定のために、HLS 色空間を用いた手法 [1] と HSV 色空間を用いた手法 [2] とを比較をした。比較方法として、それぞれの色空間において観測画像からのオーロラ部分の抽出、強弱判定を行った。判定を行った後、地磁気との相関を求めることで比較した。

2 使用データ

我々の研究グループでは、スウェーデン宇宙物理研究所と共同でオーロラ活動を調査している。2014 年から、スウェーデン・アビスコにてデジタルカメラを用いた全天オーロラ観測システムを設置して、夜間の全天画像を撮影している。本研究では、2017/10/11 17:00~10/12 5:00 における観測画像を使用した。図 1 に観測された画像のうち、オーロラが出現していた 2017/10/11 20:09 の画像を示す。

地磁気の観測データとして、アビスコで観測している地磁気のデータを INTERMAGNET から入手した [3]。オーロラが発生するとき、地磁気が大きく変化するとされている。図 2 に 2017/10/11 17:00~10/12 5:00 における地磁気の変化を示す。18:00~19:00 と 0:00~1:00 付近で地磁気の値が 11,000 以下に大きく変動していることが分かる。

3 オーロラ活動の活発さの定量化

3.1 HLS 色空間による抽出および強弱判定

HLS 色空間を用いて、観測画像からオーロラ部分の抽出を行った。HLS 色空間は、色相 (Hue)、輝度 (Lightness)、彩度 (Saturation) からなる色空間である。文献 [1] を参考にして、HLS における緑色の閾値を $30 < H < 90$, $L_{\min} < L < 230$, $0 < S < 255$ と定めた。本研究では文献 [1] で示された L

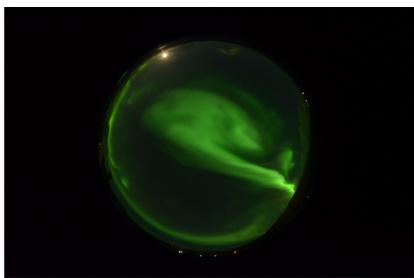


図 1: 観測したオーロラの画像

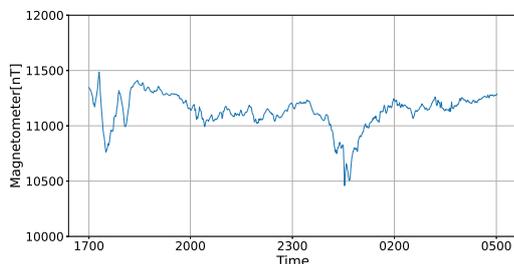


図 2: 地磁気の変化

の閾値だけでなく、 L_{\min} の値を変えてどの閾値がオーロラ判定としてより有効かについて調査した。今回は、 L_{\min} を 13, 23, 33, 43, 53 とした。

観測画像の各ピクセルに対して、閾値の範囲内であればオーロラであると判定する。オーロラでないと判断したピクセルは黒色とした。例として、図 3(a) に、図 1 の観測画像に対して抽出した画像を示す。このときの L_{\min} は 13 である。

HLS 色空間でオーロラ抽出された画像から、オーロラの強さについての判定を行った。本研究では、オーロラの強さの定義としてオーロラ部分の面積・円形度・面積×円形度、明るさの 4 種類で判定した。図 4 に 2017/10/11 17:00~10/12 5:00 の判定した結果をグラフにしたものを示す。面積として、円形のレンズで撮影された全天のうち、オーロラとして判定された緑色の部分の割合を計算した。図 4(a) に各閾値に対するオーロラ部分の面積割合の時間変化を示す。どの L_{\min} の場合でも、20:30 付近と 0:00~1:00 付近の 2 箇所面積が 40% 以上と大きな値が出ていることが分かる。 L_{\min} が 13 と 23 のときでは、22:00~23:00 付近で面積が 40% 以上の大きな値が出ている。

活発なオーロラでは全天に広がる円形のオーロラが発生する事から、抽出されたオーロラの円形度を求めた。円形度とは、その形がどの程度円に近いかを表す尺度で、0 から 1 の値となって円であれば 1 となる。円形度 C は、 $C = 4\pi \times a/l^2$ より求まる (ただし、 a : 面積、 l : 図形の周囲長である)。抽出されたオーロラのうち、緑色部分がいくつかあるため、面積が一番大きな部分の円形度を計算した。図 4(b) に各閾値に対する一番大きいオーロラ部分の円形度の時間変化を示す。図 4(a) で示した、オーロラ面積とは関係無く、常に値が変化している事が分かる。

オーロラがとても小さく出ている場合、円形度が非常に大きな値で出てしまう。そのため面積と円形度を掛け合わせたものも指標として算出し、その時間変化を図 4c に示す。0:00~1:00 付近で、面積が 20% 以上になっていることが分かる。 L_{\min} が 13 のときは、20:00~23:00 にかけても面積が 20% 以上出ているしていることが分かる。

最後に、明るさの平均値を求めた。オーロラ部分の各ピクセルごとに明るさを求め、その平均を求めた。明るさの指標として HLS の L を利用した。図 4(d) に明るさの時間変化を示す。20:00~21:00 付近では 30 以上、0:00~1:00 付近では 50 以上の値が出ていることが分かる。以上から、20:00~21:00 付近と 0:00~1:00 付近の 2 箇所オーロラが発生していたと推測できる。

3.2 HSV 色空間による抽出および強弱判定

HSV 色空間を用いて、観測画像からオーロラ部分の抽出を行った。HSV 色空間は、それぞれ色相 (Hue)、彩度 (Saturation)、明度 (Value) からなる色空間である。文献 [2] を参考にして、HSV 色空間における緑色の閾値を $30 < H < 90$, $64 < S < 255$, $V_{\min} < V < 255$ と定めた。本研究では文献 [2] で示された V の閾値だけでなく、 V_{\min} を変えてどの閾値がオーロラ判定としてより有効かについて調査した。今回は、 V_{\min} を 50, 60, 70, 80, 90 とした。

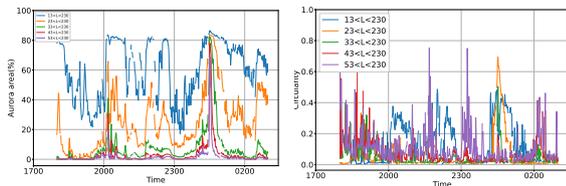
観測画像の各ピクセルに対して、閾値の範囲内であればオーロラであると判定する。オーロラでないと判断したピクセルは黒色とした。例として、図 3(b) に図 1 の観測画像に対して抽出した画像を示す。このときの V_{\min} は 50 である。

HSV で抽出された画像からオーロラの強さについての判定を行った。オーロラの強さの定義としてオーロラ部分の面

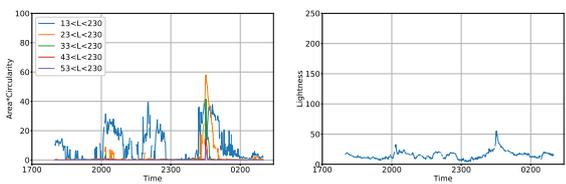


(a) HLS による抽出結果 (b) HSV による抽出結果

図 3: 観測画像に対するオーロラ部分抽出結果

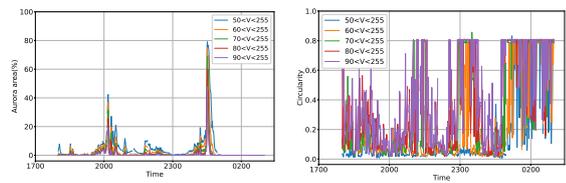


(a) 面積 (b) 円形度

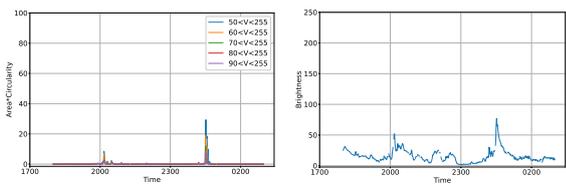


(c) 面積×円形度 (d) 明るさ

図 4: HLS 色空間によるオーロラ強弱判定



(a) 面積 (b) 円形度



(c) 面積×円形度 (d) 明るさ

図 5: HSV 色空間によるオーロラ強弱判定

積・円形度・面積×円形度、明るさの4種類で判定した。図5に2017/10/11 17:00~10/12 5:00の判定した結果をグラフにしたものを示す。図5(a)に各閾値に対するオーロラ部分の面積割合の時間変化を示す。どの閾値でも20:00~21:00付近と0:00~1:00付近で面積が40%以上と大きな値が出ていることが分かる。HLSの時と違って、閾値を変えてもそこまでグラフに大きな差が出なかった。

活発なオーロラでは全天に広がる円形のオーロラが発生する事から、抽出されたオーロラの円形度を求めた。図5(b)に各閾値に対する円形度の時間変化を示す。図5(a)で示した、オーロラ面積が大きく出ているとき、円形度の値は0.8などの大きな値が出ていることが分かる。

図5(c)に、面積と円形度を掛け合わせたものを求めた時間変化を示す。グラフの変化がほとんどなく、20:00~21:00付近と0:00~1:00付近の2箇所値が変動していることが分かる。

最後に、明るさの平均値を求めた。オーロラ部分の各ピクセルごとに明るさを求め、その平均を求めた。明るさの指標

表 1: HLS によるオーロラ強弱判定と地磁気との相関係数

		面積	円形度	面積×円形度
L_{\min}	13	-0.41	-0.58	-0.61
	23	-0.70	-0.61	-0.65
	33	-0.71	-0.06	-0.36
	43	-0.57	-0.16	-0.36
	53	-0.47	-0.09	-0.38

表 2: HSV によるオーロラ強弱判定と地磁気との相関係数

		面積	円形度	面積×円形度
V_{\min}	50	-0.59	-0.03	-0.39
	60	-0.48	0.01	-0.32
	70	-0.41	-0.01	-0.32
	80	-0.36	-0.04	-0.29
	90	-0.32	-0.07	-0.23

としてHSVのVを利用した。図5(d)に明るさについての時間変化を示す。20:00~21:00付近では50、0:00~1:00付近では50以上の値が出ていることが分かる。以上から、20:00~21:00付近と0:00~1:00付近の2箇所オーロラが発生していたと推測できる。

4 オーロラ活動と地磁気変動との比較

3節より得られた結果と地磁気との相関係数を求めた。HLS色空間による手法との結果について、表1に示す。また、明るさとの相関係数は、-0.56となった。HSV色空間による手法との結果について、表2に示す。また、明るさとの相関係数は、-0.49となった。

HLSに関して、面積と地磁気とは、どの閾値でも負の相関が得られた。円形度と地磁気は、 L_{\min} が13のときと23のときに負の相関が得られた。面積×円形度と地磁気とは、どの閾値でも負の相関が得られた。明るさについては、負の相関が得られた。 L_{\min} の閾値が23のときに、一番大きな負の相関が得られた。

HSVに関して、面積と地磁気とは、どの閾値でも負の相関が得られた。円形度と地磁気とは、どの閾値でも相関がほとんどなかった。面積×円形度と地磁気とは、どの閾値でも弱い負の相関が得られた。明るさと地磁気とは、負の相関が得られた。 V_{\min} の閾値が50のときに、一番大きな負の相関が得られた。

全体の評価として、円形度は地磁気との相関が低くなる傾向にあった。HSV色空間による手法に比べHLS色空間による手法がより強い相関が得られた。このことから、HLSによる手法がオーロラの強弱判定として有効な手法であると考えられる。

5 おわりに

本研究では、観測画像からのオーロラ判定方法についてHLS色空間とHSV色空間を用いた2種類の方法を行った。さらに、オーロラ判定で得られた結果と地磁気変動との相関係数を求めた。結果から、HSV色空間による手法に比べHLS色空間による手法がオーロラ判定として有効であると考えられる。今後はさらに強いオーロラの時や弱いオーロラの時について比較していく予定である。また、地磁気変動とオーロラ活動との関係を相関係数だけでなく、散布図や2次ヒストグラム等を用いて比較することも今後の検討課題である。

参考文献

- [1] 杉原聖信, 小林 真, 新 浩一, 西 正博, 山内正敏, “2地点観測データを用いたオーロラ活動と地磁気変動との比較,” 電子情報通信学会総合大会, Mar. 2020.
- [2] 田中孝宗, 田中良昌, 佐藤由佳, 池田大輔, “オーロラの出現・形状の予測に向けた全天オーロラ画像の自動分類への試み,” 宇宙航空研究開発機構研究開発報告: 宇宙科学情報解析論文誌: 第4号, pp127-134, March 2015.
- [3] “INTERMAGNET,” (2021/12/17 閲覧).

<https://www.intermagnet.org/index-eng.php>