

# 星空環境の評価指標の比較

星空公団 小野間史樹 (onoma@kodan.jp)

2017年6月18日

## 1 はじめに

夜空の暗さを示す指標として「限界等級」「ボートル・スカイ・スケール」および「単位立体角あたりの等級」が広く用いられている。これらの指標の関係を整理することで、夜空の暗さの指標を正しく理解するための資料とする。

## 2 各指標の定義

### 2.1 限界等級

限界等級 (Naked-Eye Limiting Magnitude, NELM) とは、夜空の暗さの指標としてその夜空の環境で人間の目で見られる最も暗い星の等級で表現したものである。歴史的に、紀元前にヒッパルコスが夜空で最も明るい恒星を 25 個を 1 等星とし、暗いものを 6 等星とした経緯があることから、人工の光の影響がない地域での限界等級はおおよそ 6~7 等級である。人間の目の個人差があることや、大気の状態によって人間の目が識別できる明るさが変わることから、同じ暗さの夜空でも限界等級は変わることがあるため、その数値の取り扱いについては注意が必要である。

### 2.2 ボートル・スカイ・スケール

ボートル・スカイ・スケール (The Bortle Dark-Sky Scale) とは、夜空の暗さを 9 つのクラスに分けたものであり、星空環境を一般的な表現で示すことで、限界等級のような個人差が大きい指標を、より一般的にすることを目指したものである [1]。また、各クラスと限界等級との関係も示されており、その関係は表 1 の通りである。ただし、最も暗い夜空の限界等級が 7.6~8 等級であるなど、そのクラス分けには若干の問題がある。

表1 ボートル・スカイ・スケール

クラス	星空環境	限界等級
クラス 1	Excellent dark-sky site	7.6~8.0
クラス 2	Typical truly dark site	7.1~7.5
クラス 3	Rural sky	6.6~7.0
クラス 4	Rural/suburban transition	6.1~6.5
クラス 5	Suburban sky	5.6~6.0
クラス 6	Bright suburban sky	5.1~5.5
クラス 7	Suburban/urban transition site	4.6~5.0
クラス 8	City sky	4.1~4.5
クラス 9	Inner-city sky	~4.0

### 2.3 単位立体角あたりの等級

天文学で背景の明るさを示すため、またデジタルカメラやスカイ・クオリティ・メータを用いて夜空の暗さを示すために用いられている単位である。明るさの基準として Johnson V フィルタと呼ばれる人間の比視感度に近いフィルタを用いて測定した星の等級を用いており、また単位立体角あたりの明るさに換算している点が特徴的である。この測定値は測定方法によらない点が特長である。資料によっては「スカイ・クオリティ・メータの測定値」と表現されている場合があるが、スカイ・クオリティ・メータの出荷時にこの「単位立体角あたりの等級」が正しく測定されるように較正されているのであって、この機器特有の測定値ではない点に注意が必要である。

### 3 各指標の関係

#### 3.1 限界等級と単位立体角あたりの等級

限界等級と単位立体角あたりの等級の関係は何件か報告されている。例えば、Schaefer 1990[3] や Crumey, 2015[2] による報告では、図1のような関係があることが示されている。これらの報告では人間の視感度の特性を元にモデル化を行った上で、実際の実験結果をフィッティングしたものである。限界等級は人間の感覚に左右されるため、この関係は観察者や測定条件によって変わることがあるため注意が必要である。

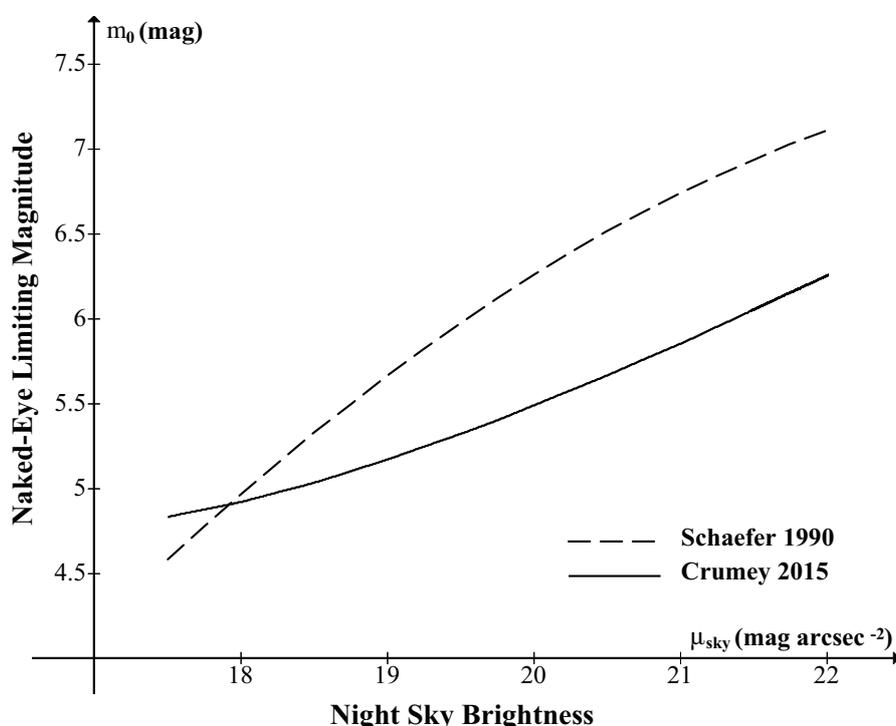


図1 限界等級と単位立体角あたりの等級の報告例

#### 3.2 ボートル・スカイ・スケールと単位立体角あたりの等級

ボートル・スカイ・スケールと限界等級との関係が表1のように示されており、また前項の限界等級と単位立体角あたりの等級の関係から、ボートル・スカイ・スケールと単位立体角あたりの等級との関係を示すことができる。例えば、Dark Skies Awareness[4]では、ボートル・スカイ・スケールと単位立体角あたりの等級との関係を図2のように整理している。ただし、前述のようにボートル・スカイ・スケールで示されている限界等級の最大値は8等級であり、これまでに観察された実際の限界等級にそぐわない点があるため修正されているようである。

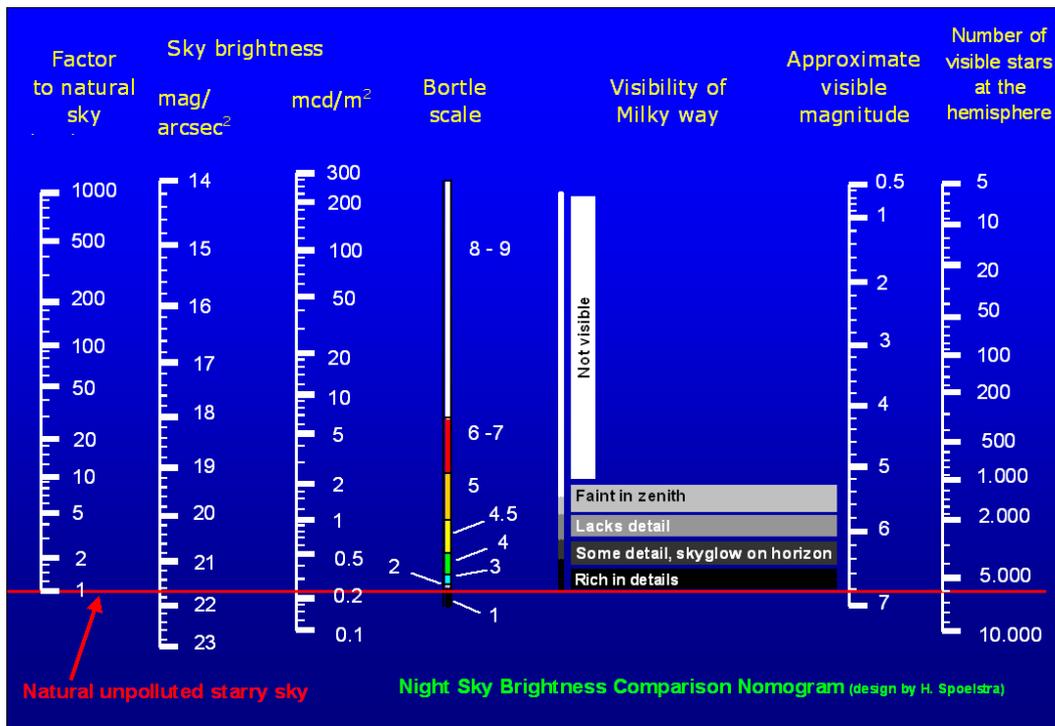


图 2 Sky Brightness Nomogram [4]

## 4 まとめ

夜空の暗さを示す指標として広く用いられている「限界等級」「ボートル・スカイ・スケール」および「単位立体角あたりの等級」の関係について整理した。

「限界等級」および「ボートル・スカイ・スケール」については人間の感覚を元にした指標であり、観察者によって値が変わる点に注意が必要である。また「ボートル・スカイ・スケール」については、限界等級の最大値が8等級となっており人間の感覚とそぐわない可能性があるため、修正が必要であると考えられる。

「単位立体角あたりの等級」については、感覚量ではなく実際に測定できる物理量であるため、測定者によらずその値が同じになる。一般的な単位であるが、文献によっては「スカイ・クオリティ・メータの測定値」と表現されている場合があるため誤解しないよう注意する必要がある。

## 参考文献

- [1] Bortle, John E. (February 2001). “The Bortle Dark-Sky Scale”. Sky & Telescope. Sky Publishing Corporation.
- [2] Crumey, Andrew (2014). “Human Contrast Threshold and Astronomical Visibility”. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 442 (3): 2600-2619.
- [3] Schaefer, Bradley E. (1990). “Telescopic limiting magnitudes”. Astronomical Society of the Pacific, Publications (ISSN 0004-6280), vol. 102, Feb. 1990, p. 212-229.
- [4] “Sky Brightness Nomogram”, <http://www.darkskiesawareness.org/nomogram.php>, by H. Spoelstra.