

# Google ストリートビューのパノラマ画像を利用した天空率算出システムの提案

## 西尾尚子・伊藤史子

### Proposal for sky factor calculation system using panoramic image of Google street view

### Shoko NISHIO and Fumiko ITO

**Abstract:** 本研究では東京都心における天空率を広範囲に渡って詳細に知るため、Google ストリートビュー画像から天空率を算出するシステムを提案している。算出は、地点 ID と地点のパノラマ画像取得、エッジ抽出と二値画像化を経て、パノラマ図から天空図への変換計算により天空率を得る。当システムにより算出された天空率の分布を分析し、準住居地域や道路幅員が広い場合では天空率が高くなる等の傾向が抽出された。

**Keywords:** 天空率 (sky factor), Google ストリートビュー (Google street view), 画像処理 (image processing)

## 1. はじめに

### 1.1 背景と目的

天空率は平成 15 年の建築基準法改正で追加された概念で、斜線制限を緩和する考え方として運用されており、仮想半球に対する空の量を立体角射影率で表したものという。(図 1)。

一般的に天空率の算出には JWCAD などのソフトを用いて計算する手法が用いられている。又、既往研究<sup>1)2)</sup>などでは、魚眼レンズを装着したデジタルカメラを用いた天空図の撮影により算出する手法が用いられている。これらは一点の天空率を正確に求めるために有効な手法である。一方、環境省<sup>3)</sup>は、500m メッシュ内の建物配置をモデル化し算出する手法を用いている。これらは天空率の分布がどのようになっているか広範囲に把握するのに有効な手法である。

このように天空率の算出方法は様々あるが、詳細かつ広域の双方をみたしたもの、すなわち道路上の地点毎の天空率を連続的に広域に算出したものはな

い。

そこで、Google ストリートビュー<sup>注1)</sup> のパノラマ画像を天空図に変換し、天空率の算出を自動で行うシステムを提案する。これまでになかった詳細かつ広範囲の天空率算出システムを提案することを本論の目的とする。

このような天空率の大量のデータ取得により、街での圧迫感などの心理的指標や形態規制などと広範囲で比較分析することも可能になると考えられる。ビックデータの活用という視点からみても発展の可能性があると考えられる。

### 1.2 天空率の定義

#### 1.2.1 本論における天空率の定義

本論では一般的な天空率と異なる点が 2 点ある。1 点目は何を”天空”とみなすかということがある。本論ではすべての建物や植栽、電柱、標識などがある場合の全天に対する見えている空の割合である。2 点目は測定点である。本論では Google ストリートビューから算出する為、道のやや中央から高さ 2.45m 又は 2.05m の地点からとした。したがって、今回扱う天空率は建築基準法で定められている天空率とは

西尾尚子 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科  
都市システム科学域 博士後期課程 1 年

E-mail: dpftw900@gmail.com

異なるが、既往研究中でも、この 2 点は様々な定め方をしている。

### 1.2.2 魚眼レンズによる天空率算出

Google ストリートビューから求めた天空率の整合性をみるために正確な値として魚眼レンズによって算出された天空率を使用した。測定地点に対して魚眼レンズでの撮影は三脚(SLIK プロ 330DX II)を用いてコンパクトデジタルカメラ(Nikon COOLPIX 4500)にコンバーター (Nikon Fisheye Converter FC-E8)を取り付け等距離射影方式で撮影した。それを正射影方式に SPCONV<sup>4)</sup>を用いて変換し、天空率を求めた。

## 2. 天空率算出方法

### 2.1 算出方法の概要

Google ストリートビューの 360° パノラマ画像には、PanoID という番号が与えられている。まず、パノラマ画像が撮影された地点の PanoID と緯度経度情報を広範囲で取得し、リスト化した。その後、その PanoID に該当するパノラマ画像（メルカトル図法）を取得し、画像処理により輪郭抽出を行い、空の部分とそれ以外の部分の二値画像を作成した。さらにその画像を正射影投影図法に変換し、全体に対する空の割合を求めた。これらの自動化により、広範囲に渡る詳細な天空率を求めた。

### 2.2 PanoID と緯度経度リストの作成

まず、Google Maps API V3 を用いて HTML 内に JavaScript によりウェブブラウザ<sup>6)</sup>上で次に示すものを実装した<sup>注2)</sup>。任意の地点をクリックするとその地点を中心に緯度、経度、PanoID がブラウザ画面の下部に記述される（図 2）。さらに次々とストリートビュー地点の記述を自動で繰り返す仕様にした。同地点を重ねて取得しないように取得済み地点はメモリーに記憶させた。ブラウザ画面の下部に 1 行ずつ緯度、経度、PanoID が記述されたものを以後の分析にそなえてテキストファイルに移した。

### 2.3 画像処理による空抽出方法

各 PanoID について順番に Python を用いて自動で

パノラマ画像 (512×512 画素) を取得し、天空率算出に必要な範囲（左上から右に 416px、下に 110px）を切り取った（図 3）。1 地点のパノラマ画像（RGB カラー）を画像処理が行いやすいようにグレースケール画像（図 4）に変換した。次に、エッジ検出（図 5）した。このエッジ検出では、空とそれ以外の部分の輪郭線を途切れないようにするために重要であるため、輪郭線を膨張（図 6）させ、その次に収縮（図 7）させるクロージングという処理を施した。図 8 からみて取れるように穴はふさがれ、空とそれ以外の間の輪郭が抽出され、二値画像を作成し空抽出を行った（図 9）。

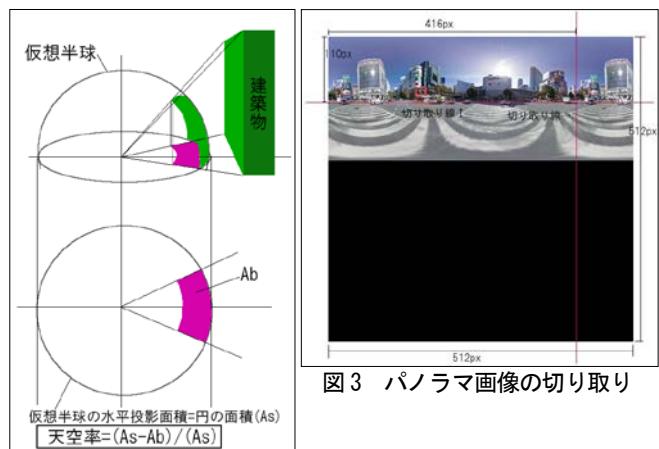


図 1 天空率の定義



図 2 作成した web サイト



図 4 グレースケール画像



図 5 エッジ抽出した画像

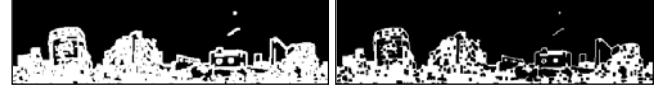


図 6 膨張した画像



図 7 収縮した画像



図 8 クロージング

図 9 二値画像

## 2.4 投影図法の変換と天空率の算出

パノラマ画像はメルカトル図法によって撮影されている。図 10 に示すように、仮に、仮想半球の中心に人間が立った時に見えている世界を写し出したものと考えられる。パノラマ画像は、その周りを円筒上に囲んだもので、仮想半球の中心から直線状に射影された図法である（メルカトル図法）。また、天空図は仮想半球上に写し出されたものを縦方向に射影したものである（正射影投影図法）。

以上を踏まえ、円筒の高さを検討した。パノラマ画像を縦  $h$  横  $w$  とし、円筒の円周を  $w$  とした。円筒の高さはパノラマ画像をみる限り縦横の比率が 1:1 のように思われるため、 $h$  とした。この点については Google が公表していない為、変換させた天空図と魚眼レンズで撮影された天空図を比較した上で慎重に決定する必要があり、今後検討の余地がある。今回は円筒の高さは  $h$  として進めた。

次にパノラマ画像から天空図への変換式を説明する。パノラマ画像におけるある点を  $(X, Y)$ 、天空図の対応する点を極座標で  $r \cdot \sin \theta$  とし、仮想半球の半径を  $R$  とする（図 11）。 $X, Y$  と  $r, \theta$  には以下の関係がある。

$$R = \frac{w}{2\pi}, \quad X = R \cdot \theta, \quad Y = \frac{R}{r} \cdot \sqrt{R^2 - r^2}$$

上式より変換し得られた天空図（図 12）の全天部分（円）のピクセル数に対して、空部分（白色）のピクセル数を数え上げることで、天空率を算出した。以上により、取得したデータの緯度、経度、PanoID、天空率のリスト出力が得られた（表 1）。

## 2.5 整合性の確認

提案したシステムの結果の整合性を目視と数値により確認した。まず、目視により魚眼レンズで撮影された天空図（例、図 12）に対して、本稿のシステムで作成した天空図（例、図 13）が一致するか確認した。気になる点はあるものの全体的に見れば、およそ整合している。不整合な点として、中心方向への建物の伸びが魚眼レンズによる天空図に比べ小さいことが上げられる。原因として設

定した円筒の高さに問題があると考えられ、今後検討していきたい。次に数値により確認した。魚眼レンズによる天空図から算出した天空率と本稿のシステムによる天空率の値を比較したところ、試行地点 2ヶ所の誤差の平均は 1.2%となり許容範囲であると思われる。

誤差の出方は地点により異なると考える。建物形状、高さ幅、道路幅員、建蔽率の違いなどの特徴ある地点での誤差を検証し、精度の高い天空率算出ツールを今後目指していきたい。

## 3 都市内の天空率分布の分析

### 3.1 天空率 MAP の作成

前章で緯度経度情報と結びついた天空率データが約 16 万地点得られ、それを GIS に取り込み地図上にて分析を行った。データは 23 区内に駅舎がある JR 山手線 29 駅、JR 中央本線 14 駅、JR 総武線 7 駅の全 50 駅を中心とした各 500m 範囲内で取得した。天空率の平均値は 53.4%、中央値は 51.1%、標準偏差は 13.6 となった。一例として秋葉原駅周辺の天空率分布図を図 14 に示す。

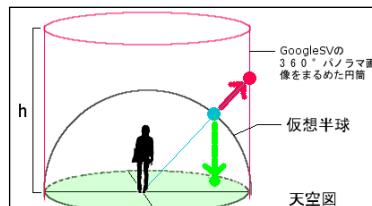


図 10 投影方法の概念

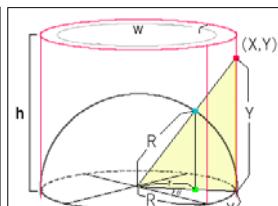


図 11 変換式の考え方



図 12 魚眼レンズの天空図



図 13 作成した天空図

表 1 緯度経度天空率のリスト例

緯度	経度	PanoID	天空率
35.659459	139.700556	LiMkqWYVCBUyVqLpdFMQ	0.370718073
35.659469	139.7004	msn9rtzBpx5XoC_YXrGdQ	0.321221644
35.659372	139.700473	G5Zc99dCoSWVaGxXyuXd8Q	0.348581074
35.65945	139.700733	jhYJ0nrs5BeKnOAREVv4ww	0.362511497
35.659558	139.700544	TBmdfULPcUyN-g-zAzA0og	0.356908727
35.65953	139.700442	pbjk6PBk4iOoBUVIVDUVNA	0.320993541
35.659477	139.700279	2L15d5kmmJ4wEHqj4nBHg	0.315344195

### 3.2 用途地域と天空率

図15に用途地域と天空率の関係を示す。まず住居系の中では、準住居地域が中央値と平均値共に天空率が高い。準住居地域は比較的幅員のある道路沿線にあるためと考えられる。次に、商業系では近隣商業地域より商業地域が中央値と平均値共に天空率が高い。商業地域は広幅員の幹線道路沿線にあることが多いと考えられる。商業地域は用途・形態規制ともに緩い地域であり、建物の高さ、密度ともに高いにも関わらずこの結果になったということより、天空率は特に道路幅員と関係があることが示唆される。そこで、道路幅員と天空率の関係を次節で分析する。

### 3.3 道路幅員と天空率

全地点の天空率平均値(53.4%)と比べて通り名ついている大きな道路上の地点での天空率の平均値は高くなることが分かった。このことより道路幅員を十分にとることで、高層の建築物があっても天空率を高く保つことができる事が示唆される。また、建築基準法において用地地域ごとに形態規制として容積率、道路斜線が定められているが、天空率を利用した制限や緩和も有効ではないかと考えられる。

## 4まとめ

本論では以下の成果を得た。

天空率算出システムを構築し、Googleストリート

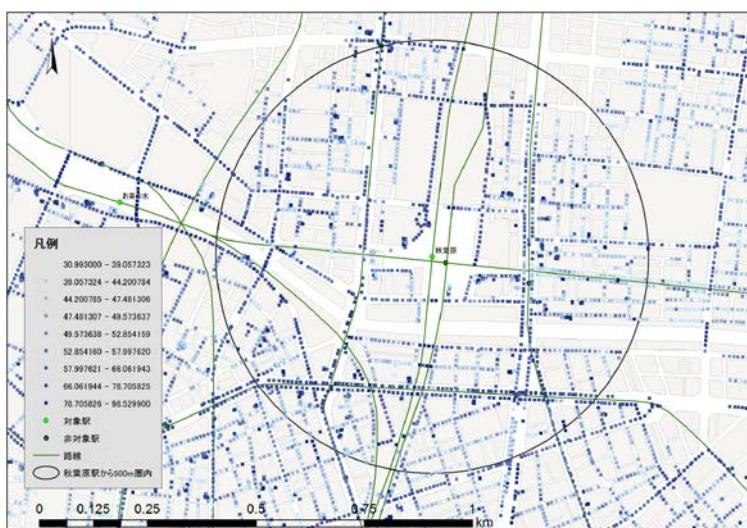


図14 秋葉原駅の天空率分布

ビューの公開地点の天空率取得を可能にした。このシステムを用いて都内の天空率分布を分析した結果、天空率は道路幅員が広い場合に高くなる傾向にあることが分かった。さらに詳細な分析が必要であるが、天空率を利用した制限や緩和の可能性が考えられる。今後、精緻化を目指してシステムの改善を行っていきたい。

注1) Googleストリートビューはgoogleが地点毎360°のパノラマビューを提供しているものであり、日本では2008年8月5日から供用開始された。

注2) GoogleMaps API利用規約<sup>5)</sup>に従う。

### 謝辞

SPCONVは、首都大学東京永田明寛によって作成されたものである。ここに感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) 武井正昭・大原昌樹(1977)「圧迫感の計測に関する研究・2: 物理尺度との対応について」日本建築学会論文報告集(262), pp103-113
- 2) 伊藤真幸・浦山益郎・松浦 健治郎(2005)「天空率を用いた歴史的市街地における路地の空間特性分析: 三重県名張市名張地区の場合」日本建築学会大会学術講演梗概集, pp303-304
- 3) 環境省(2003)「平成14年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書」
- 4) SPCONV <http://news-sv.aij.or.jp/kankyo/s12/Resource/ap/SPCONV/SPCONV.html>
- 5) GoogleMapsAPI利用規約 <http://code.google.com/intl/ja/apis/maps/terms.htm>
- 6) <http://www.comp.tmu.ac.jp/fiweb/itoken/nishi/panoindex.html>

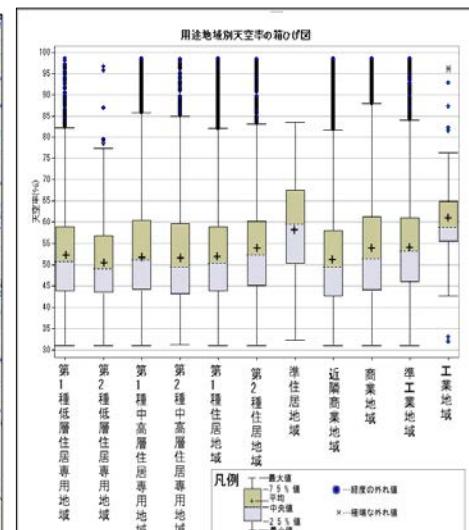


図15 用途地域別天空率の箱ひげ図