

# **衛星データと高校数学で 夜景の価値を計算してみた**

2020/12/22

Tellus Satellite Cafe vol.5

大橋直記

# 解説する記事

神戸の夜景は何万ドル？衛星データを使って実際に計算してみた



「100万ドルの夜景」という言葉を聞いたことがあることも多いでしょう。たくさんの光が輝くまばゆい夜景の代名詞ですよね。

しかし、この「100万ドル」とはいったいどういう意味なのか。また、本当に「100万ドル」なのか、宇宙の視点から徹底検証します！

## INDEX

- 1.100万ドルの夜景の由来
- 2.現在の一戸あたりの電気代を調べる
- 3.六甲山の展望台から見えてる建物の数を調べる
- 4.六甲山から見える夜景の電気代をざっくり計算する
- 5.まとめ

<https://sorabatake.jp/15363/>

# 100万ドルの夜景の根拠

“ 1953年（昭和28）年、当時の電力会社の副社長が、六甲山から見る夜景のすばらしさに感動。その感動が忘れられなかつた彼は、なぜか山頂から見える大阪・尼崎・芦屋・神戸の電灯の数を計算したという。すると、その数は496万7000個で、その電気代はひと月で4億2900万円。これを当時の1ドル＝360円で計算すると、100万ドル強になったのである。

話がはずむ「ムダ知識」（PHP研究所） ”

# 自己紹介



- 大橋直記 / Naoki Ohashi
- Webエンジニア、WordPress/React
- SpaceAppsKushimoto2020実行委員長
- 本州最南端在住
- Twitter: [@naogify](https://twitter.com/naogify) or QRコード 





# 衛星データにかかるキッカケ

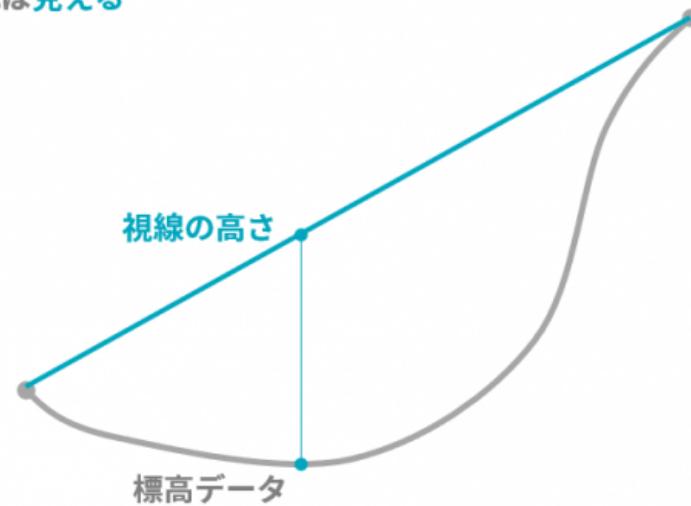
1. 串本に民間初のロケット発射場が誘致
2. SpaceApps Kushimoto 開催
3. 宙畠へ寄稿のお誘い

# 1. 富士山から2点間の見通し計算

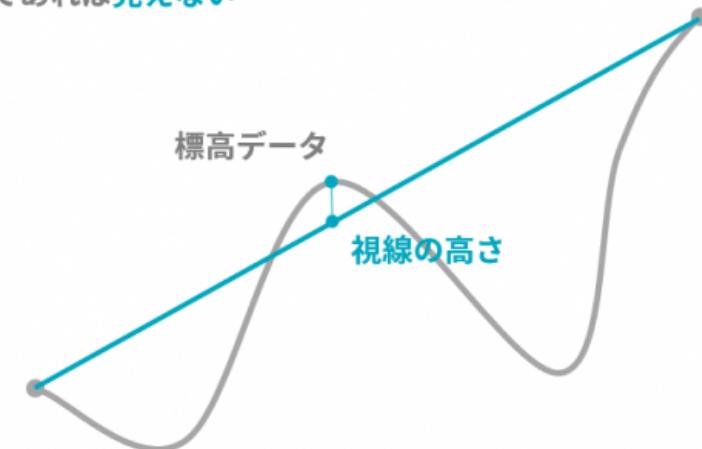
## 可視領域の計算 (Intervisibility)



2地点間の全ての点で  
視線の高さ > 標高データ  
であれば見える

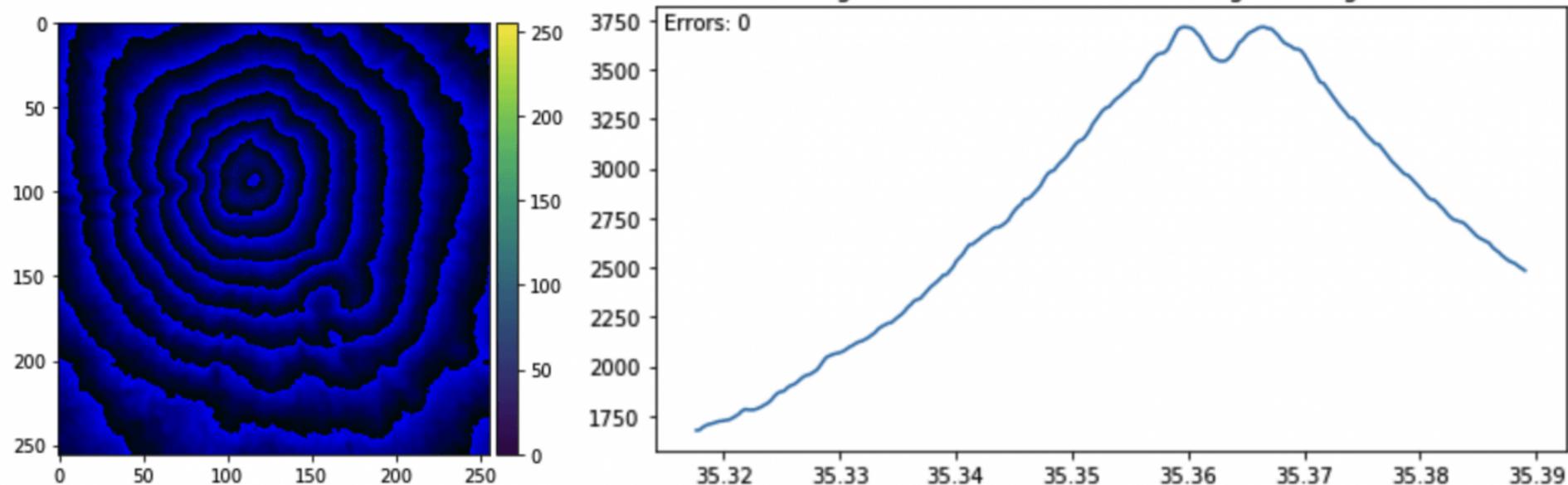


2地点間のいずれかの点で  
視線の高さ < 標高データ  
であれば見えない



Credit : METI and Sorabatake

## 標高データ (ASTER GDEM 2.0)



- NASAの地球観測衛星Terraの観測データを元に作成された数値標高モデル。
- 分解能: 30メートル四方、高さ方向が1メートル

## 手順

1. 【標高データ】：2地点間の標高データを取得。
2. 【視線の高さ】：2地点の標高差と距離から、三角関数を使い $\tan\Theta$ を計算。  
(底辺が $X(m)$ の時の、高さ $Y(m)$ が導ける)
3. 観測地点から対象地点までの直線上を、2で計算した視線の高さと標高を比較。

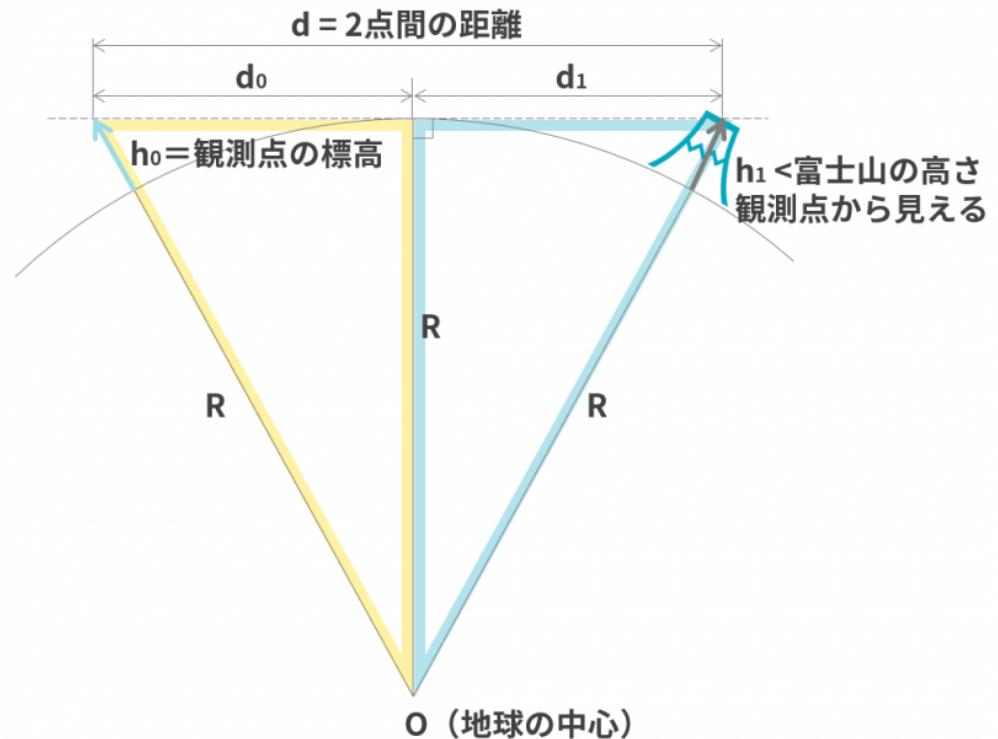
<https://sorabatake.jp/12087/>

ツッコミが... 😱 !

地球の丸みを計算に入れてなかったので、  
各方面からツッコミが...。

## 2. 大気の反射と地球の丸みを考慮して再計算

### 地球の丸みを考慮した可視性



$$d = d_0 + d_1 \quad \therefore d_1 = d - d_0 \cdots (1)$$

三平方の定理より

$$(h_0 + R)^2 = d_0^2 + R^2$$

$$\therefore d_0 = \sqrt{h_0^2 + 2Rh_0} \cdots (2)$$

$$(h_1 + R)^2 = d_1^2 + R^2$$

$$\therefore h_1 = \sqrt{d_1^2 + R^2} - R \cdots (3)$$

(1) を(3)に代入すると

$$\begin{aligned} h_1 &= \sqrt{d_1^2 + R^2} - R \\ &= \sqrt{(d - d_0)^2 + R^2} - R \end{aligned}$$

さらに(2)を代入すると

$$h_1 = \sqrt{(d - \sqrt{h_0^2 + 2Rh_0})^2 + R^2} - R$$

$h_1 < \text{富士山の高さ}$   
であれば、観測点から見える

## 手順

1. 2点間の距離を計算
2. 三平方の定理を使い、 $d_1$ （2点間の距離/2）と  $R$ （地球半径）から  $h_1$ （ $h_0$ から見える最大の高さ）を計算。
3. 対象地点の標高と  $h_1$  を比較。

- 記事

<https://sorabatake.jp/12928/>

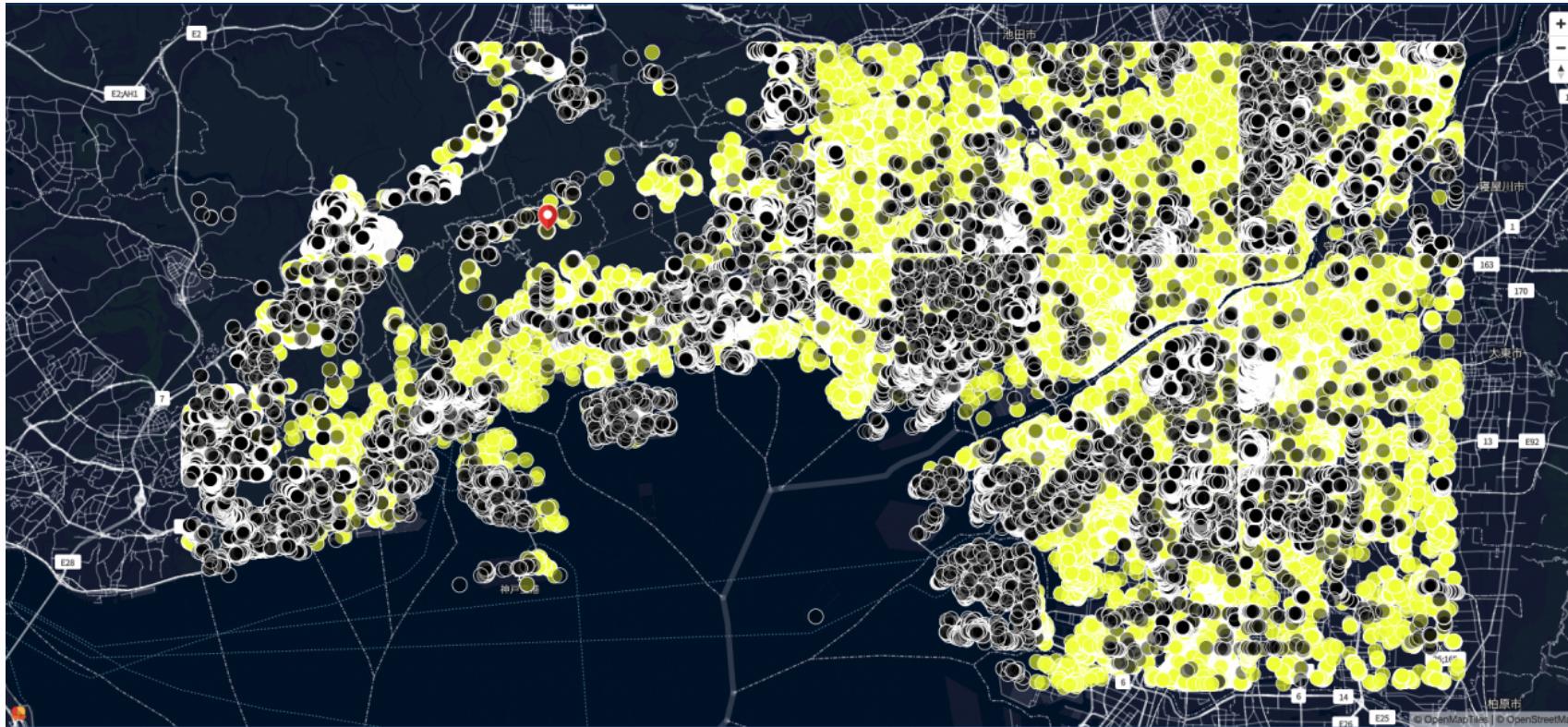
- 参考：地球の丸みを考慮した可視性の式

<https://github.com/dizzib/earthcalc>

- 参考：2地点間の距離計算

<https://qiita.com/r-fuji/items/99ca549b963cedc106ab>

### 3.六甲山からの可視範囲を計算



OpenStreetMapから抽出した建物に対して見通し計算。

見える建物 × 一戸あたりの電気代の平均を計算して夜景の価値を算出。

## 手順

1. Osmiumを使い六甲山周辺の建物（building キーを含む way）を取得。
2. 取得した建物の座標（緯度経度）を、前記事「大気の反射と地球の丸みを考慮して再計算」の計算式で、見通し計算。

<https://sorabatake.jp/15363/>

# 衛星データのハードルは 意外と低い！

- 高校数学が分かれば大丈夫!? (一次方程式/三平方の定理/三角関数)
- Tellusを使えばAPIで衛星データを扱える

ありがとうございました!