

# 日照および天候情報に考慮した快適経路案内システム 「WeatheReal Map」

山本玲<sup>†</sup> 岡島聡大<sup>†</sup> 畑中衛<sup>‡</sup> 濱川礼<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 中京大学 工学部 情報工学科

<sup>‡</sup> 中京大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

## 1 背景・目的

近年日本は異常気象に見舞われている。2018年4月30日から9月30日の期間に全国で9万5037人が熱中症によって救急搬送され、死者は160人におよび、過去2番目の多さとなった[1]。熱中症を予防する方法として建造物の陰を歩くことが挙げられるが従来の経路案内システムに建造物の影の情報は含まれていない。我々は以上の理由から日照および天候情報を考慮した快適経路を提示するシステム「WeatheReal Map」を開発した。

## 2 提案手法

WeatheReal Map では、経路算出の際に建造物の陰や天候情報を考慮することで常にユーザが快適に移動できる経路を提示する。

出発地と目的地を結ぶ線に対角線とする長方形より少し広めの範囲の地図を Google Map から取得する。取得した地図中に存在するすべての建造物の座標から Google Street View 画像（以下 GSV 画像）を取得する。取得した GSV 画像の下底から建造物の屋根までのピクセル数をもとに高さを算出し、現時刻と緯度経度をもとに道にできる陰の範囲を算出する。

算出された陰の情報をもとに道路に重み付けを行う。重み付けされた道路情報についてダイクストラ法により快適な経路を算出する。このとき陰による重みを反転することで気温が高いときは日陰の多い道（日陰経路）を、低いときは日向の多い道（日向経路）を算出する。また天候が晴れ以外のときは建造物の陰による影響が小さくなるため、最短経路を提示する。これらにより常にユーザに対して快適な経路を提示できる。

## 3 関連研究

菴木らは Google Earth と 50m メッシュ標高データをもとに建造物の高さを算出し、日の高さから日向経路、日陰経路の提示をする研究を行った[2]。広野は目的地までの日陰を通る経路を案内するアプリ「inShade」を公開している[3]。Google Earth の情報から算出した建造物の高さをもとに日陰長計算を行っている。

[2]は国土地理院の情報を使用しているため国内に限定されるが、WeatheReal Map は建造物が映っている GSV 画像さえあれば地域を問わず使用できる。[3]は日陰経路のみ提示しているが WeatheReal Map は日向経路も提示することが可能である。また[3]は Google Earth API を用いているが、WeatheReal Map はそれを必要としない（現在 Google Earth API は非公開）。

**WeatheReal Map : Comfortable route guidance system considering sunshine and weather information**  
Rei YAMAMOTO<sup>†</sup>, Akihiro OKAJIMA<sup>†</sup>, Mamoru HATANAKA<sup>‡</sup> and Rei HAMAKAWA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Information Engineering, Chukyo University  
470-0393, Toyota, Japan

<sup>‡</sup>Graduate School of Engineering, Chukyo University  
470-0393, Toyota, Japan

## 4 システム概要

WeatheReal Map は建造物高度算出部、日陰算出部、快適経路探索部の3つのモジュールから構成されている。図1にシステム構成図を示す。

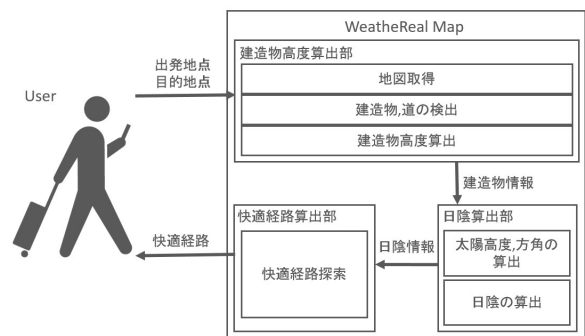


図1: システム構成図

### 4.1 建造物高度算出部

建造物高度算出部では Google Map から出発地と目的地を包含する地図を作成する。作成した画像の範囲内にある建造物の座標や寸法などを算出する。算出した情報を用いて対象の建造物の GSV 画像を取得し、高さを算出する。

#### 4.1.1 地図取得

出発地と目的地を結ぶ線に対角線とする長方形より少し広めの範囲の地図を Google Map から取得する。この際、Google Map の拡大率の設定を 16 より小さくすると建造物が表示されないため、拡大率を建造物が表示される 17 で取得し、複数枚に分けて保存したのちに、地図を一枚に結合する。

#### 4.1.2 建造物及び道の検出

Google Map では建造物の種類によって表示される色が異なるため、RGB 値を元に建造物及び道のマスク画像を生成する。その後、建造物のマスク画像から輪郭抽出を行い、範囲内の建造物の座標及び寸法を取得する。

#### 4.1.3 建造物の画像の取得

Google Street View を用いて建造物の映った画像を取得する。撮影地点を決定するために、建造物の座標を中心とした最も近い道路上の座標を探索する。その後、撮影地点から建造物の方角を向いた画角 90 度、上方向 45 度の GSV 画像を取得する。

#### 4.1.4 建造物の高さの算出

実際の建造物を求めるために建造物の画像を用いて画像の下底から建造物の屋根までのピクセル数を求める。その際に屋根の位置を判断するために「SegNet」を用いた。SegNet は画像に画素単位で物体のラベル付けを行い学習することで画

像を車や空などの物体を領域ごとに画素単位で分割できる学習モデルである。そして SegNet によって建造物と認識された領域の頂点を建造物の屋根までのピクセル数とした。実際の建造物の高さ  $H$  を算出する際には以下の式を用いた。建造物までの距離を  $d$ , 画角を  $a$ , 下底から建造物の屋根までのピクセル数を  $r$ , 画像の高さを  $i$  とする。

$$H = d \times \tan(a \times r/i) \quad (1)$$

#### 4.2 日陰算出部

日陰算出部では現在地点と時刻から太陽高度や太陽方位などを求め、建造物高度算出部で算出した建造物の高さや太陽の情報から交差点間の道の面積を占める陰の割合を算出する。

##### 4.2.1 太陽高度及び方位の算出

現在時刻と現在位置から太陽高度と方位の算出する。太陽高度  $h$ , 太陽方位  $A$  の算出の際には以下の式を用いた [4]。  $\delta$  は太陽光線と地球の赤道面との角度である太陽赤緯,  $\phi$  は現在地の緯度,  $t$  は地球上を一定な速さで動くと考えた平均太陽と実際の太陽との移動の差である時角とする。

$$h = \arcsin(\sin(\phi)\sin(\delta) + \cos(\phi)\cos(\delta)\cos(t)) \quad (2)$$

$$A = \arctan2(\cos(\delta)\sin(t)/\cos(h), (\sin(h)\sin(\phi) - \sin(\delta)/\cos(h)/\cos(\phi)) + \pi \quad (3)$$

##### 4.2.2 日陰の位置の算出

建造物の陰の長さ  $S$  と方位から建造物の陰を算出する。陰の長さを求める式は以下を用いた。  $b$  は建造物高度とする。

$$S = b \times \cos(h) \quad (4)$$

#### 4.3 快適経路算出部

快適経路算出部ではユーザが快適に歩くことのできる経路を探索する。

##### 4.3.1 快適経路探索

交差点をノード、交差点間の道をエッジとしたグラフを生成する。エッジの長さは実際の道の距離とし、付与する重み  $W$  の算出には以下の式を用いた。(5) の式は日陰経路、(6) の式は日向経路の場合である。交差点間の道の面積のうち日陰が占める割合 (%) を  $s$  とする。また探索にはダイクストラ法を用いる。

$$W = 1 - s/100 \quad (5)$$

$$W = s/100 \quad (6)$$

図 2 に重みによって経路が変化する実例を示す。 WeatheReal Map は Goole Map より距離は長いが陰の多い経路を提示する。

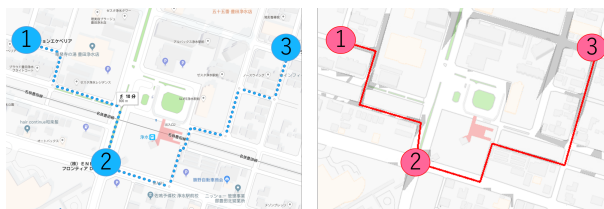


図 2: 左: Google Map 右: WeatheReal Map  
(1) 出発地: 愛知県豊田市竜泉寺浄水店,  
(2) 経由地: 浄水駅, (3) 目的地: おざわ歯科クリニック

#### 5 評価・考察

今回の評価では暑い日を想定し、WeatheReal Map を「Google Map との経路比較」、「日陰の検出精度」、「建造物の高度検出精度」の 3 つの観点から評価した。

#### 5.1 Google Map との経路比較

経路の比較をするにあたり、「日陰経路の割合」と「歩行時間」の 2 つの項目で比較を行った。経路の設定は図 2 である、1 月の 9:00, 12:00, 15:00 の日陰経路と Google Map の経路を比較した。歩行時間の関しては、Google Map と WeatheReal Map の経路に差はなかった。日陰経路の割合を表 1 に示す。割合は日陰経路を通った時間を全体の歩行時間で割った値である。

表 1: 経路上の日陰の割合

	9:00	12:00	15:00
Google Map	8.7%	11.3%	38.0%
WeatheReal Map	26.5%	38.3%	61.1%

表 1 より Google Map の経路より WeatheReal Map の経路のほうが日陰経路をより多く通っている。

#### 5.2 日陰の検出精度

日陰の検出精度を確かめるために、評価する 34 本の道を 2019 年 1 月 9 日 15 時と同年 1 月 11 日 9 時にそれぞれ写真を撮影し、写真と WeatheReal Map が算出した日陰情報と比較して陰の位置が合致しているかどうかを確認した。結果は前者は 67.6%, 後者は 40.6%程度合致していた。陰の位置が誤判定された原因として

- GSV 画像が理想的に取得できず、算出した建造物の高さに大きな誤差ができています
- 建造物の近くの GSV 画像が存在せず、判定ができないなどが考えられる。

#### 5.3 建造物の高度検出精度

建造物の高度検出精度を確かめるために、Google Earth の建造物の高さ情報と WeatheReal Map が算出した建造物の高さを比較した。地図中に存在する 90 個建造物のうち理想的な GSV 画像が取れた建造物の数の割合は 47.5%であった。原因は電柱、背景に映り込んでいる建造物が建造物の屋根と判定されているからである。その建造物の実際の高さと WeatheReal Map が算出した建造物の高さの誤差の平均は 17.0%であった。

#### 6 展望

今回、WeatheReal Map を用いることで Google Map と比べ快適な経路を算出することができた。今後、建造物撮影地点を決定する際に電柱などの不要なオブジェクトの写り込みや背景に大きな建物が映らない角度から目的の建造物を撮影することで、建造物の高さの精度を高める必要がある。また、経路探索においてユーザに閾値を設定させ、値に応じてエッジに付与する重みを減少させることで、陰を優先したいユーザには陰の多い道を、最短距離を優先したいユーザには最短距離かつ陰が多い道を提示可能になるよう改良を行う。

#### 参考文献

- [1] 総務省消防庁, 熱中症情報, [http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList9\\_2.html](http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList9_2.html)
- [2] 菴木 嶺, 大澤 義明, 都市内道路における日向経路と日陰経路, 都市計画論文集, pp.595-600,2010
- [3] 広野 萌, inShade, <http://inshade.adriablue.jp/>
- [4] 太陽の高度と方位学, <http://k-ichikawa.blog.enjoy.jp/etc/HP/js/sunShineAngle/ssa.html>