

参考資料 1 人の行動に係る評価手法の検討 参考資料

1. MRT の算出方法の比較

1) MRT の算出方法

(1)長短波放射量から求める方法

人体へ入射する長短波放射量の影響を直方体モデルを用いて総合 MRT として算出する。台車観測で計測された 6 面(上下面と側面)の全放射量(長波+短波)より直方体モデル各面の MRT を式 1 で算出し、式 2 により重みづけをして指向性を考慮した総合 MRT を算出する。

(2)グローブ温度から求める方法

指向性は考慮できないが、簡易に計測できるグローブ温度から MRT を算出する。この方法は人体を球体として考えて算出する方法で、自転車観測に用いたピンポン球グローブ温度を式 3 で補正し、式 4 に代入し MRT を算出する。

$$\theta_{MRT \text{ 各面}} = (R_p \text{ 各面} - \varepsilon \sigma \theta_m^4) / (4\varepsilon \sigma \theta_m^3) + \theta_m \quad \text{式 1}$$

$$\theta_{MRT \text{ 総合}} = 0.238 \times \Sigma \theta_{MRT \text{ 東西南北}} + 0.024 \times \Sigma \theta_{MRT \text{ 上下}} \quad \text{式 2}$$

$R_p$  : 各面の全放射量(W/m<sup>2</sup>)                       $\varepsilon$  : 放射率(値は 1)

$\sigma$  : ステファンボルツマン定数                       $\theta_m$  : 環境温度(値は 30°C)

$$t_g - t_a = 1.9 \times (t_{pg} - t_a) \quad \text{式 3} \quad t_{pg} : \text{ピンポン球グローブ温度(°C)} \quad t_a : \text{気温(°C)}$$

$$t_r = t_g + 2.37 \times \sqrt{v} (t_g - t_a) \quad \text{式 4} \quad t_g : \text{黒球グローブ温度(°C)} \quad v : \text{風速(m/s)}$$

$$t_r : \text{平均放射温度(°C)} \quad t_s : \text{湿球温度(°C)}$$

2) MRT による比較

台車観測ルート上のある観測点の写真を図 2、図 3 に示す。台車観測ルート上のある観測点の熱画像を図 4、図 5 に示す。この場所で計測された方向別の日射量、赤外放射量(表 1)から直方体各面の MRT を算出し、図 6、図 7 に直方体展開図に示す。図 6、図 7 を比較すると、上面の MRT が約 48°C の差があり、総合 MRT では約 19°C の差があった。表 1 より、地点 a と比較すると、地点 b では街路樹によって各面に入射する日射(短波放射)が遮蔽された効果と、路面温度が下がって赤外放射が減少した効果もあることがわかる。また、地点 a で南面や西面が他の側面より高い値になったのは主に日射(西日)の影響である。指向性を評価することが出来る直方体モデル

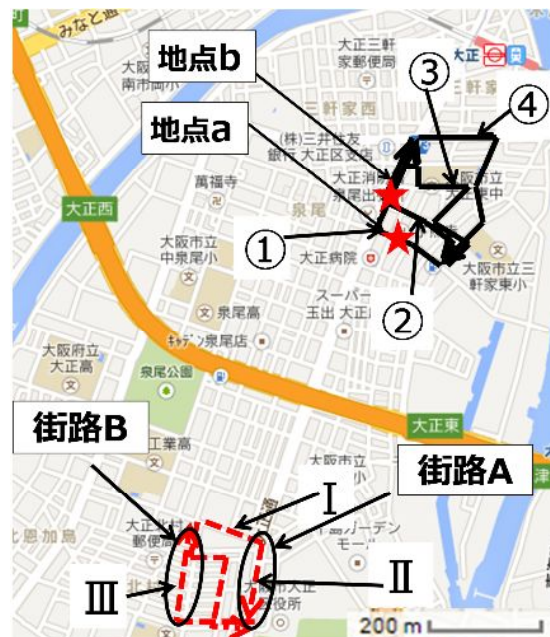


図 1 大正区台車観測ルート(8/3、5)

の総合 MRT は街路樹の木陰を評価するのに適した指標であるといえる。



図 2 図 1 の地点 a の写真(14:47 撮影)



図 3 図 1 の地点 b の写真(14:55 撮影)

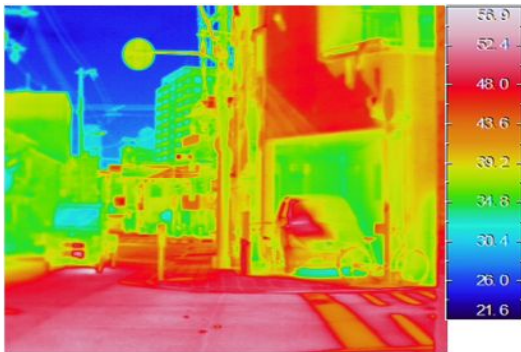


図 4 図 1 の地点 a の熱画像(14:47 撮影)

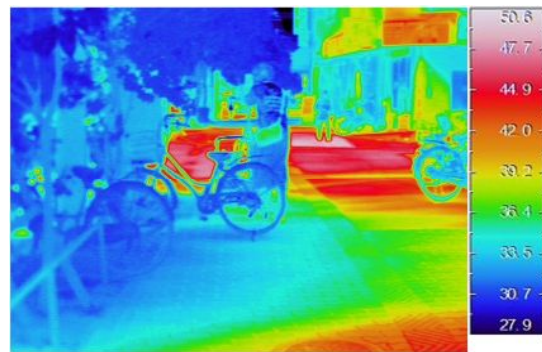


図 5 図 1 の地点 b の熱画像(14:55 撮影)

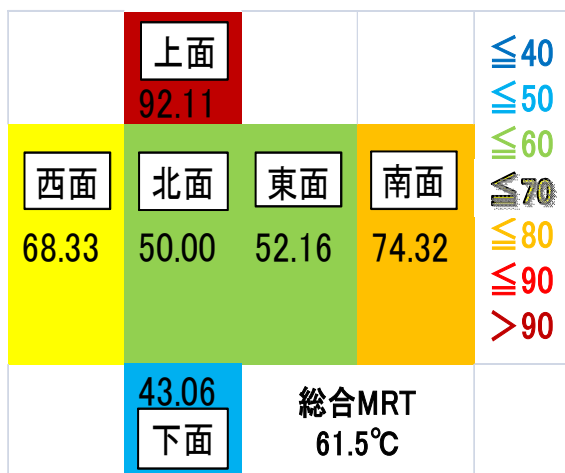


図 6 図 1 の地点 a の各面の MRT

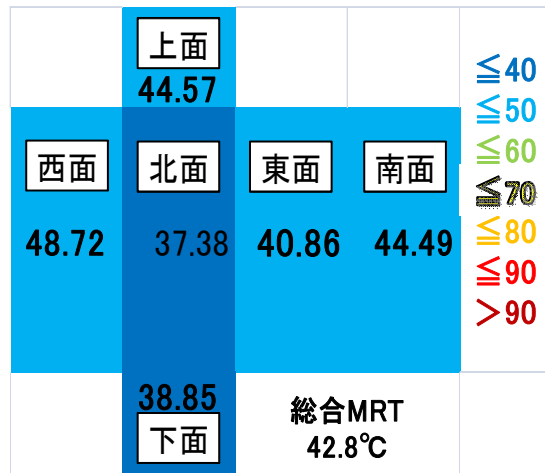


図 7 図 1 の地点 b の各面の MRT

次に、直方体モデルによる総合 MRT と自転車観測のグローブ温度から求めた MRT との比較を行う。検討する街路として、1 回の移動観測時間内に台車と自転車両方で観測した図 1 中の街路 A(天空率 76.9%、緑の形態係数 4.0%)と街路 B(天空率 65.9%、緑の形態係数 0.0%)を選定した。

図 8 に街路ごとに平均した MRT と標準偏差の値を示す。台車観測の MRT の値と自転車観測の MRT の値で最大約 20°C の差があった。これは計測方法と算出方法の違いに起因するものである。台車観測の値は指向性を考慮した計測であり、人体の形態を模して直方体の重みづけ平均を行った総合 MRT であるのに対し、自転車観測の値はグローブ温度なので指向性も人体の形態も考慮していない。また表 1 に示すように、街路 A では街路樹により日射が遮蔽される場所が多く、街路 B に比べて平均的に 130~170W/m<sup>2</sup> 程度日射量が小さかった。街路 B ではグローブ球に日射が常に当たる状態でグローブ温度が上昇し、台車観測の総合 MRT との差がより大きくなったと考えられる。

表 1 図 2、図 3 の地点の各面の長短波放射量

14:47	北面	南面	東面	西面	上面	下面
日射(W/m <sup>2</sup> )	134	342	148	270	548	0
赤外放射量(W/m <sup>2</sup> )	520	527	525	540	492	573
14:55	北面	南面	東面	西面	上面	下面
日射(W/m <sup>2</sup> )	35	100	76	152	149	0
赤外放射量(W/m <sup>2</sup> )	511	510	504	499	475	546

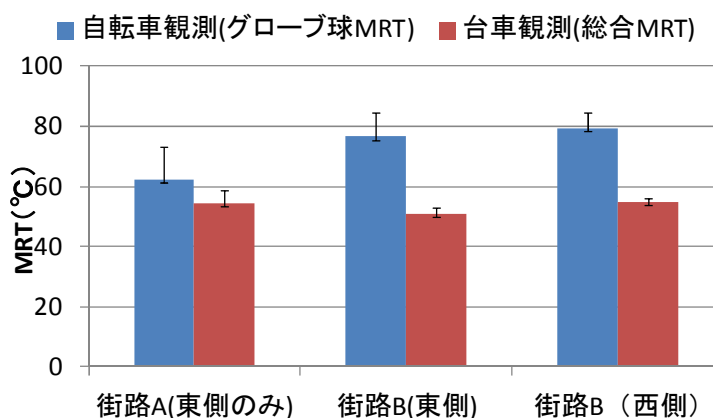


図 8 街路ごとの MRT 平均値と標準偏差

## 2. グローブ球直径の違いによるグローブ温度の比較

移動観測では黒色塗装を施したピンポン球を使用してグローブ温度を測った。定点観測においてはベルノン式黒球と黒色ピンポン球の 2 種類を用いた。熱容量が小さいピンポン球黒球の方が応答速度が速く、移動観測に向いているが、風の影響を受けやすく温度低下が大きくなり、ベルノン式黒球より低めに計測されてしまう。WBGT の算出には黒球のグローブ温度が必要なため、定点観測ではベルノン式黒球と黒色のピンポン球を比較できるようにした。

黒球の熱収支式を式 5 に示す。ベルノン式黒球とピンポン球とでは、式 5 の右辺第 4 項  $\alpha_c(t_g - t_a)$  の割合が異なるためと考えられる。気温  $t_a$ 、ピンポン球グローブ温度  $t_{gs}$  から黒球グローブ温度  $t_g$  を推定する方法について検討する。

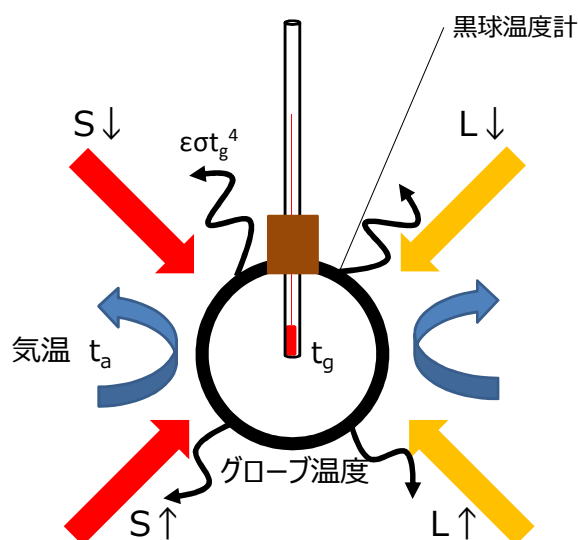


図 9 黒球周りの熱収支

$$\text{熱収支式} ; C \frac{dt_g}{dt} = (1 - \text{ref})(S \downarrow + S \uparrow) + \varepsilon(L \downarrow + L \uparrow) - \varepsilon\sigma t_g^4 - \alpha_c(t_g - t_a) \dots \text{式 5}$$

$C$  : グローブ球の熱容量 ( $J/K \cdot m^2$ )     $\alpha_c$  : 対流熱伝達率 ( $W/K \cdot m$ )

$\text{ref}$  : グローブ球のアルベド、 $\varepsilon$  : グローブ球の射出率     $\sigma$  : ステファンボルツマン定数 ( $5.67 \times 10^{-8}$ )

ピンポン球グローブ温度と気温の差を横軸、ベルノン式黒球グローブ温度と気温の差を縦軸の値として散布図作成し、図 10、図 11 に示す。

全データには、三軒家公園の 8 月 2 日～4 日、三軒家東駐車場の 8 月 3 日～5 日、西区役所の 7 月 25 日～27 日、8 月 2 日～5 日、土佐公園の 7 月 26 日、27 日のデータである。図 11 に示す風速 0m/s のときというのは、全データ (1 分間隔) の中から風速 0m/s の観測データだけを抽出したものである。回帰式より、ベルノン式のグローブ温度と気温の差はピンポン球グローブ温度と気温の差の約 1.9 倍になっていることがわかった。

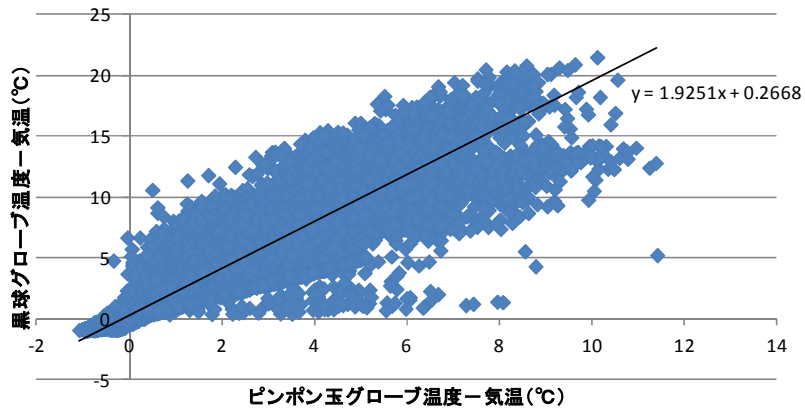


図 10 ピンポン球と黒球の相関関係（全データ）

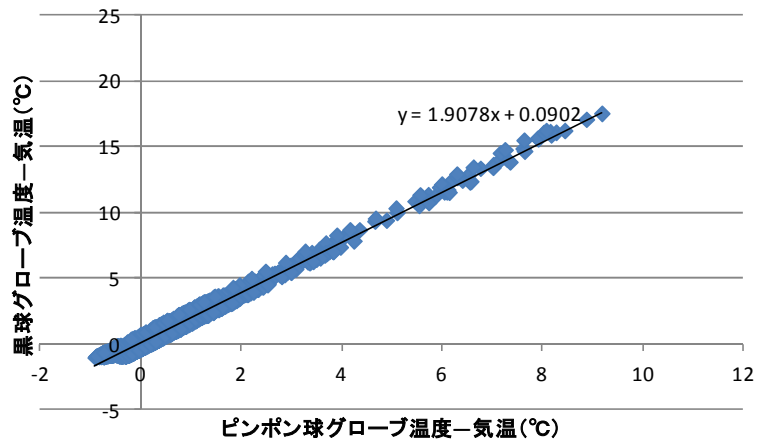


図 11 ピンポン球と黒球の相関関係（風速 0m/s のときのみ）

### 3. 温熱指標の推定

#### 1) 各温熱指標の算出

MRT、SET\*、WBGT の各温熱指標算出に用いた入力値について詳細を整理したものを表 2 に示す。

表 2 入力値の詳細

温熱指標	入力値	入力値の詳細	算出方法
MRT(実測値)	気温	自転車観測から得られた値	式1に入力値を代入し求める
	風速	無風状態と仮定した時の自転車速度をルート別の平均値	
	グローブ温度	自転車観測から得られた値	
MRT(推定値)		実測した街路のMRTとD/Hの関係より求めた回帰式を用いて推定した値	式3～式6により求める*1
SET*(実測値)	気温	自転車観測から得られた値	SETマクロ*2により算出
	湿度	移動観測を行った時間帯での定点観測の湿度の平均値	
	風速	移動観測を行った時間帯での定点観測の風速の平均値	
	MRT	MRT(実測値)	
SET*(推定値)	気温	移動観測を行った時間帯での定点観測の気温の平均値	SETマクロにより算出
	湿度	移動観測を行った時間帯での定点観測の湿度の平均値	
	風速	移動観測を行った時間帯での定点観測の風速の平均値	
	MRT	MRT(推定値)	
WBGT(実測値)	気温	自転車観測から得られた値	式2に入力値を代入し求める
	湿球温度	移動観測を行った時間帯での定点観測の湿球温度の平均値	
	グローブ温度	自転車観測から得られた値	
WBGT(推定値)	気温	移動観測を行った時間帯での定点観測の気温の平均値	式2に入力値を代入し求める
	湿球温度	移動観測を行った時間帯での定点観測の湿球温度の平均値	
	グローブ温度	実測した街路のグローブ温度とD/Hの関係より求めた回帰式*3を用いてグローブ温度を算出	

$$\text{MRT} = t_g + 2.37 \times \sqrt{v}(t_g - t_a) \quad \text{式 6}$$

$$\text{WBGT} = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{グローブ温度} + 0.1 \times \text{気温} \quad \text{式 7}$$

$$\text{MRT}(12:00 \text{ 推定値}) = 6.39 \times (\text{推定する東西街路の D/H}) + 48.7 \quad \text{式 8}$$

$$\text{MRT}(12:00 \text{ 推定値}) = -6.29 \times (\text{推定する南北街路の D/H}) + 64.9 \quad \text{式 9}$$

$$\text{MRT}(15:00 \text{ 推定値}) = 6.34 \times (\text{推定する東西街路の D/H}) + 43.3 \quad \text{式 10}$$

$$\text{MRT}(15:00 \text{ 推定値}) = -3.04 \times (\text{推定する南北街路の D/H}) + 59.9 \quad \text{式 11}$$

$$\text{グローブ温度}(12:00 \text{ 推定値}) = 1.32 \times (\text{推定する東西街路の D/H}) + 36.5 \quad \text{式 12}$$

$$\text{グローブ温度}(12:00 \text{ 推定値}) = 0.13 \times (\text{推定する南北街路の D/H}) + 38.1 \quad \text{式 13}$$

$$\text{グローブ温度}(15:00 \text{ 推定値}) = 0.86 \times (\text{推定する東西街路の D/H}) + 37.2 \quad \text{式 14}$$

$$\text{グローブ温度}(15:00 \text{ 推定値}) = -0.33 \times (\text{推定する南北街路の D/H}) + 38.5 \quad \text{式 15}$$



\*1 MRT を推定する際に使用した回帰式は、実測した街路について MRT と D/H を求め東西道路・南北道路に分けさらに 12:00、15:00 に分けて散布図を作成し、線形回帰式を求めその式(式 8～式 11)を用いた。WBGT のグローブ温度についても同様に回帰式を算出しその式を用いた。

\*2 SET マクロは日本建築学会熱環境シミュレーション小委員会 HP よりダウンロードしたマクロのことで、田辺(早稲田大学)らによって作成されたプログラムである。

\*3 グローブ温度を推定する際に使用した回帰式は、実測した街路についてグローブ温度と D/H を求め東西道路・南北道路に分けさらに 12:00、15:00 に分けて散布図を作成し、線形回帰式を求めその式(式 12～式 15)を用いた。

\*1 と \*3 で求めた回帰式を示したグラフを図 12～図 15 に示す。

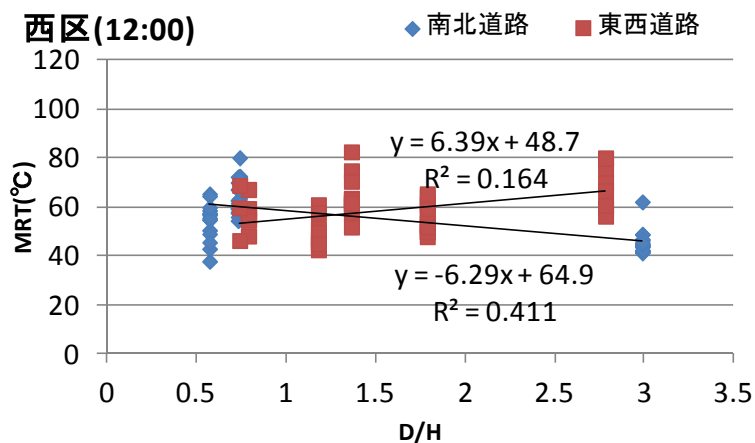


図 12 西区(12:00)の南北・東西道路の MRT と D/H の関係

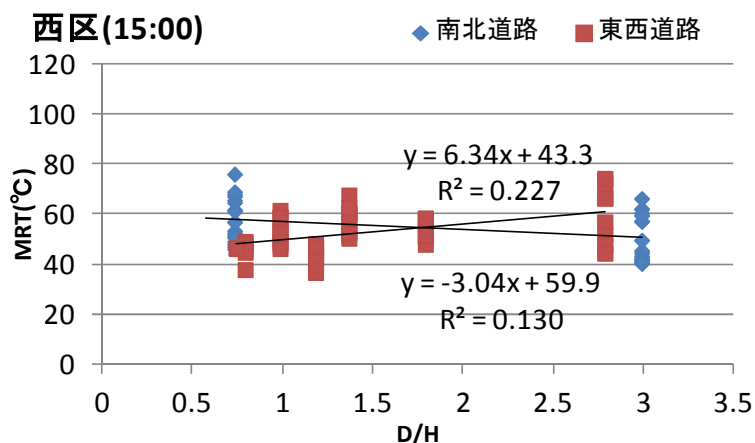


図 13 西区(15:00)の南北・東西道路の MRT と D/H の関係

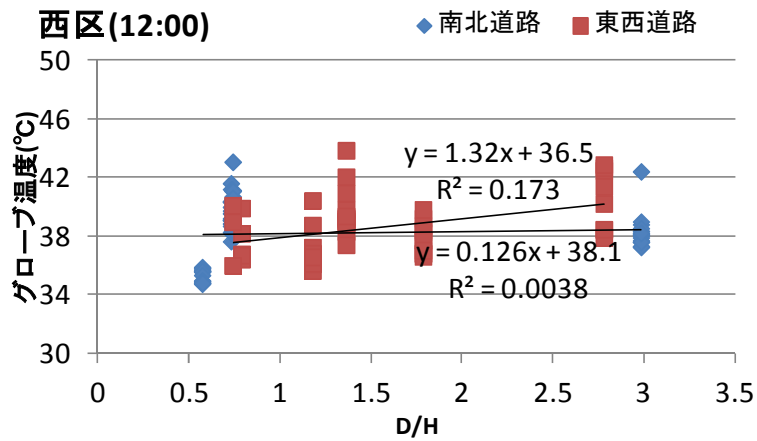


図 14 西区(12:00)の南北・東西道路のグローブ温度と D/H の関係

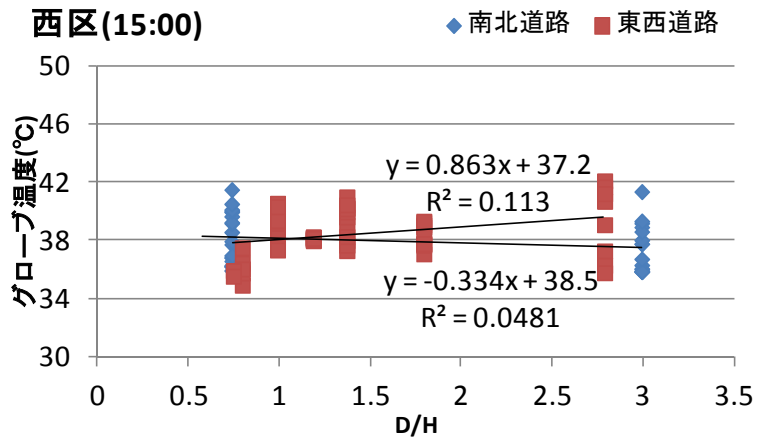


図 15 西区(15:00)の南北・東西道路のグローブ温度と D/H の関係

これらの推定方法で実測していない街路について各温熱指標の推定を行い、マップ上に表現したものを図 16～図 21 に示す。



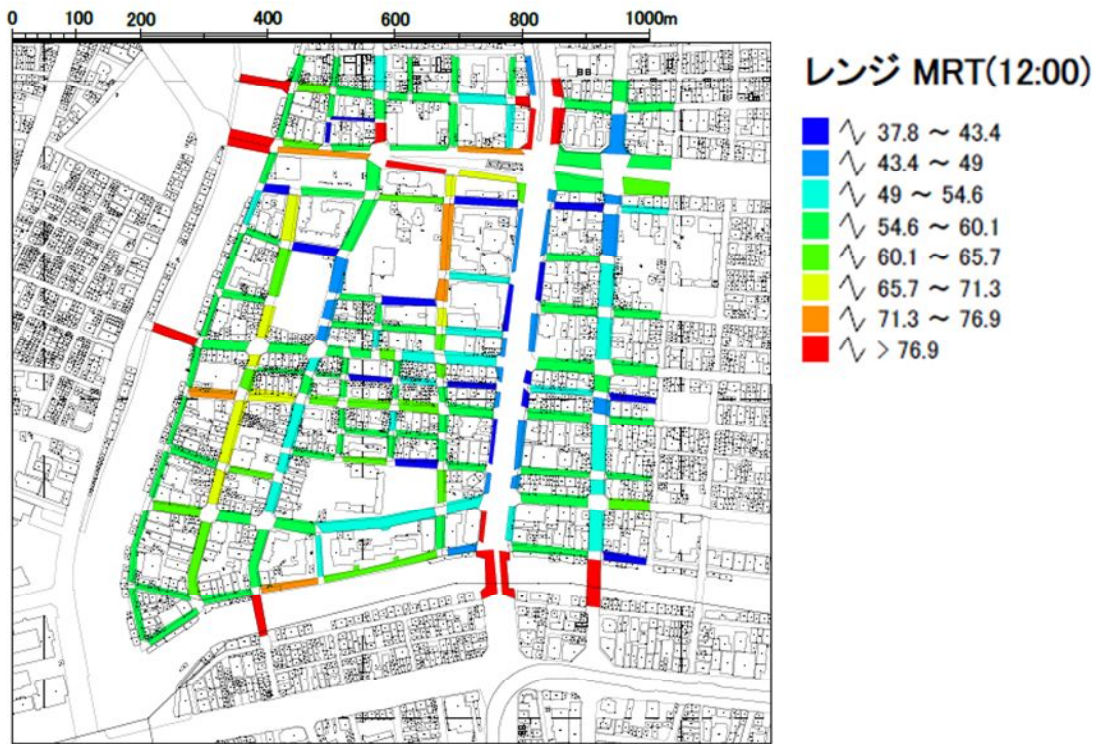


図 16 西区の 12:00 における MRT 分布

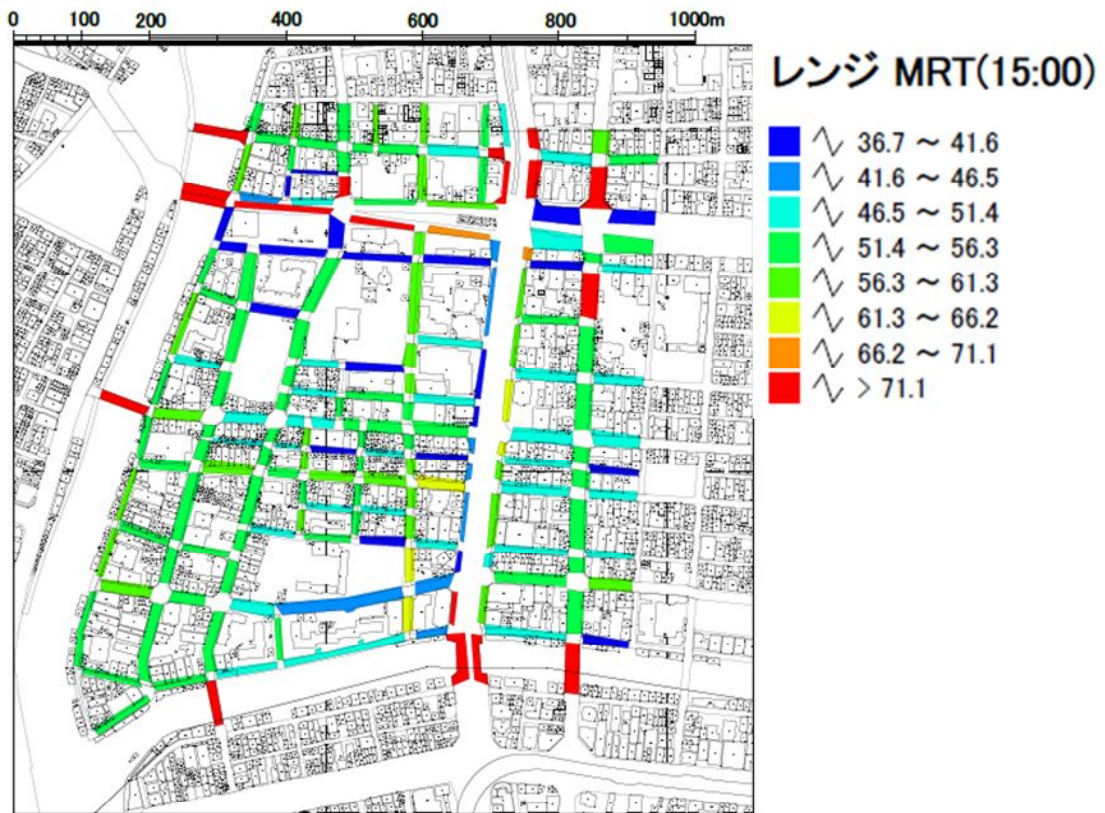


図 17 西区の 15:00 における MRT 分布



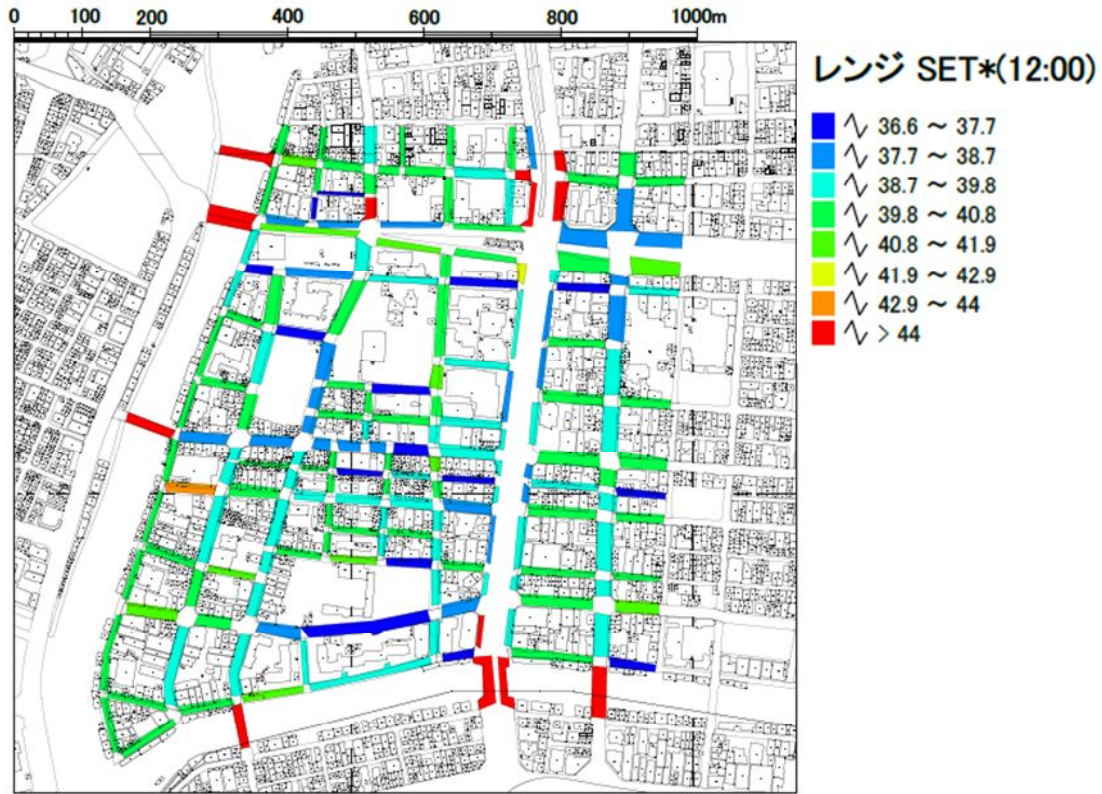


図 18 西区の 12:00 における SET\*分布

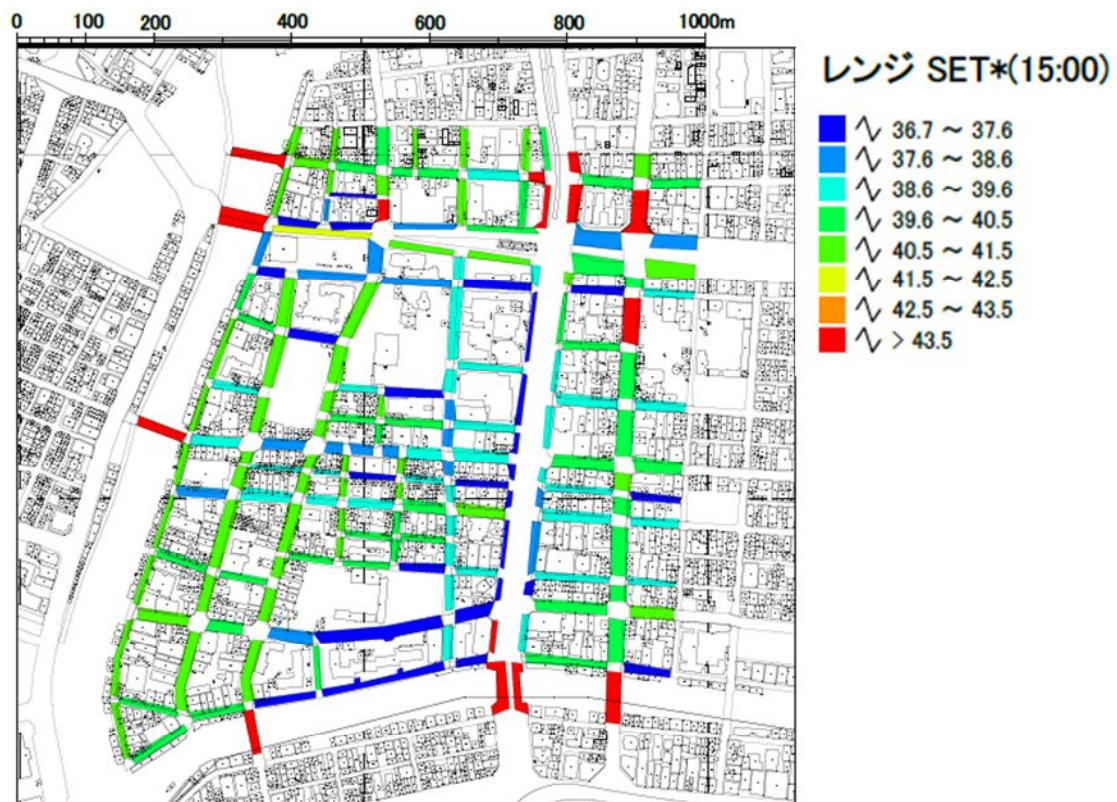


図 19 西区の 15:00 における SET\*分布



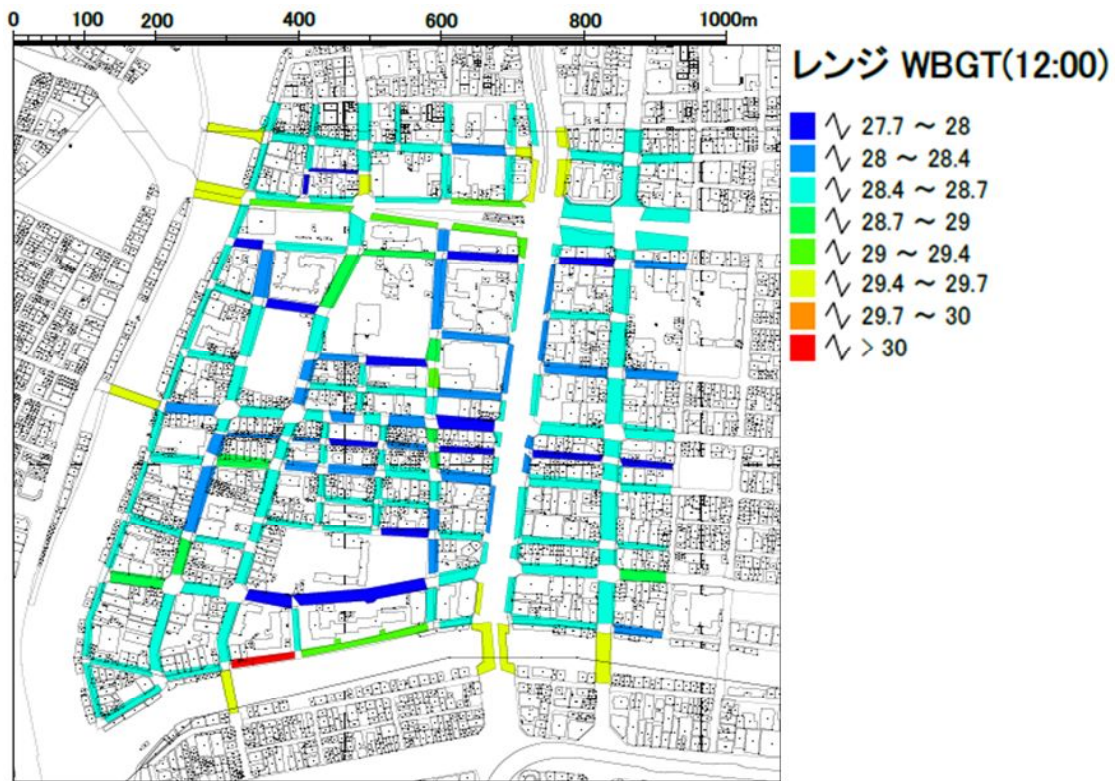


図 20 西区の 12:00 における WBGT 分布

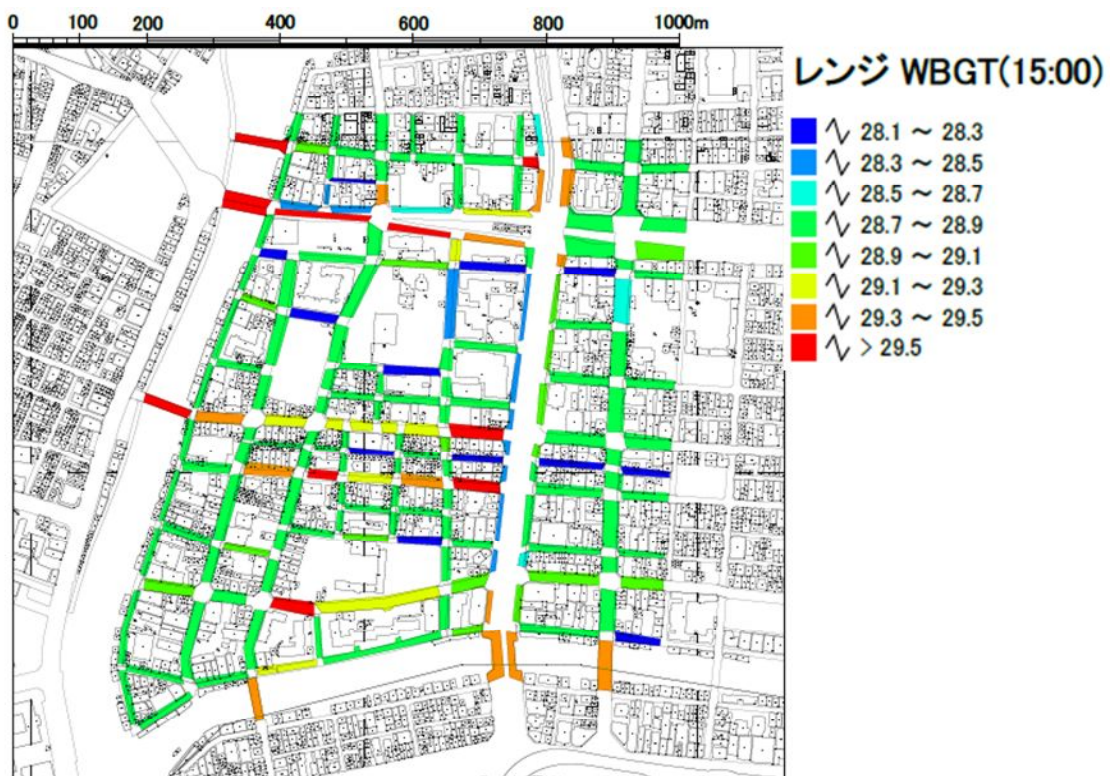


図 21 西区の 15:00 における WBGT 分布

#### 4. ヒアリングシート

### 街路空間の環境性能と経路選択の関連性についてのヒアリング調査

◇お願い：本調査は、屋外における熱環境の実態と外出行動への影響を把握するために、実施するものです。本調査の主旨をご理解いただき、ヒアリング調査にご協力をお願いいたします。なお、本調査は大学の研究目的のために実施するもので、個人情報が入り込むようなことはなく、すべて統計処理されます。

◇調査主体：大阪市立大学工学部都市基盤計画研究室

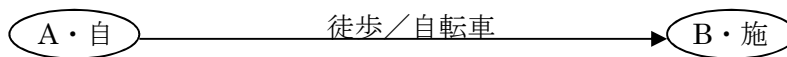
◇連絡先：TEL: ●●●● 担当者：村田智紀（4回生）吉田長裕（指導教員）

◇調査対象：高校生以上

調査場所： \_\_\_\_\_ 時刻： \_\_\_\_\_

■調査を受けた時の歩行（自転車）経路について教えてください。（ここでいう経路とは、調査対象地区内において、自宅や駅等の施設から次の施設までを指します。地域外を出発地、目的地とする場合は、調査対象地区内にある駅等の施設まで／施設の後をお答えください）

自宅から徒歩でお店にいった場合



- (1) 出発地を教えてください(地図中に「A 勤」と記入) (※出発地、目的地に自宅が含まれる場合は自宅最寄りの交差点、三文字目は地点が勤務先 自宅 施設 駅)
- (2) 目的地を教えてください(地図中に「B 自」と記入)
- (3) 今日ここまでどのような経路を通行してきたかされたか教えてください(覚えている範囲で結構です。地図中に実線で記入し、大通りの場合は通りのどちら側を通行したのかも含めてください)
- (4) 移動目的について、以下の項目から最も適切なものを1つお選びください  
① 通勤 ② 通学 ③ 業務 ④ 買物 ⑤ 散歩（ペット あり/なし） ⑥ 病院  
⑦ その他（ ）
- (5) 本経路の通行頻度について最も適切なものを1つお選びください。  
① ほぼ毎日 ② 週に2, 3回程度 ③ 週に1回程度 ④ 月2, 3回程度 ⑤ 月1回以下  
⑥ 初めて ⑦ その他（ ）
- (6) ここまでの交通手段について教えてください。徒歩/自転車の方で、その前後に使用した/使用予定の交通手段がある方はそれぞれ選んでください 前： \_\_\_\_\_ 後： \_\_\_\_\_  
① 路線バス ② 乗用車 ③ 軽乗用車 ④ 貨物自動車・軽貨物車 ⑤ 自家用バス・貸切バス  
⑥ タクシー・ハイヤー ⑦ 自動二輪車 ⑧ 原動機付自転車 ⑨ 自転車 ⑩ 徒歩  
⑪ 航空機 ⑫ 船舶 ⑬ その他（ ） ⑭ 不明
- (7) 徒歩/自転車での経路の所要時間について分単位で教えてください。（ ）

■経路選択理由（必須）



■屋外歩行空間に関して（選択）

(16) この地区内に屋外のクールスポット(涼しく、休憩しやすい場所)があるかご存知ですか

- ① はい ② いいえ

(17) (16)で①を選んだ方について、

・場所（地図中に記入）

・対象物（例：街路樹、噴水、ミスト、水辺の遊歩道…）

（ ）

・どのようなか(例：日蔭が涼しい、風通りがよい…)

（ ）

(18) クールスポットを増やしてほしいですか

- ① はい ② いいえ

(19) (18)で①を選んだ方について、どのような形でふやしてほしいですか(複数回答可)

- ① 街路樹 ② 噴水 ③ ミスト ④ 水辺の遊歩道

その他(具体例： )

■屋外環境の変化に伴う外出行動の変更経験（選択）

(20) 熱中症関係のニュースについて知っていますか。最も当てはまるものを1つ選んでください。

- ① よく知っている ② 少し知っている ③ あまり知らない ④ 全く知らない

(21) 夏場の暑い時期に外出行動の変化はありましたか？最も当てはまるものに1つずつ選んでください。

① 目的地の変更経験： よくあった 多少あった 殆どなし 全くなし（例：遠出を避ける）

② 外出頻度の変更経験： 増えた 変わらない 減った

③ 交通手段の変更経験： よくあった 多少あった 殆どなし 全くなし

具体的に何から何に？（ ）

④ 外出時間帯の変更経験： よくあった 多少あった 殆どなし 全くなし

具体的に何時頃から何時頃に？（ ）

⑤ 経路の変更経験： よくあった 多少あった 殆どなし 全くなし

具体的にどんな経路に？（ ）

■温熱環境に対する知識・経験等（選択）

(22) 過去に歩いているときに、急激な温度変化（建物内から出たときや地下鉄駅から出たとき）に伴ってしんどくなった経験（＝ヒートショック）はありますか？

- ①よくある ② 少しある ③ ほとんど無い ④ 全くない

(23) (22)で①または②を選んだ方について場所と状況について教えてください

・場所：（ ）

・状況：（例：よく冷えたスーパーから出てきたとき）

（ ）



(24) 熱中症やヒートショックについてなにか自衛策はされていますか。

- ① はい (具体的に: \_\_\_\_\_ )
- ② いいえ

(25) 下図のような暑い/涼しい場所や経路のわかる情報の必要性について最も当てはまるものに○を一つ

- ①とても必要 ②多少必要 ③あまり必要ない ④全く必要ない

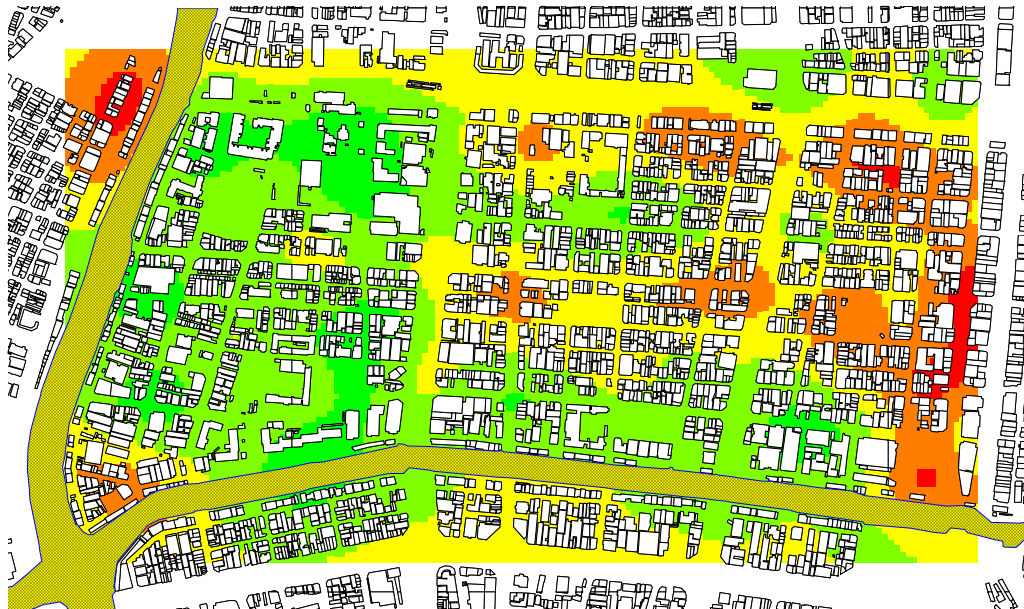


図 温熱環境地図のイメージ (例は気温分布)

(26) 熱環境に関して具体的にどのような情報の提供が必要でしょうか。以下の表に○をつけてください。

表 温熱情報一覧

	知っている	情報を提供されたい
① 気温分布		
② 日射分布		
③ 路面からの照返し強度分布		
④ 街路樹分布		
⑤ 日陰分布		
⑥ WBGTの分布		
⑦ 体感温度分布		
⑧ 風通し分布		



■回答者の方ご自身について教えてください（必須）

(27) 性別（男/女）

(28) 年齢：① 5～9 歳 ② 10～14 歳 ③ 15～19 歳 ④ 20～24 歳 ⑤ 25～29 歳  
⑥ 30～34 歳 ⑦ 35～39 歳 ⑧ 40～44 歳 ⑨ 45～49 歳 ⑩ 50～54 歳  
⑪ 55～59 歳 ⑫ 60～64 歳 ⑬ 65～69 歳 ⑭ 70～74 歳 ⑮ 75～79 歳  
⑯ 80～84 歳 ⑰ 85 歳以上

(29) 地区内に居住地 or 勤務地がありますか

① はい ② いいえ

(30) ①と答えた方について

① 居住地がある ② 勤務地がある ③ 両方ある

(31) 職業

① 農林漁業作業員 ② 生産工程・労務作業員 ③ 販売従業者  
④ サービス業従業者 ⑤ 運輸・通信従業者 ⑥ 保安職業従事者 ⑦ 事務従業者  
⑧ 専門的・技術的職業従事者 ⑨ 管理的職業従事者 ⑩ その他職業  
⑪ 園児・小学生・中学生 ⑫ 高校生 ⑬ 大学生・短大生・各種専門学校生  
⑭ 主婦・主夫（職業従事者を除く） ⑮ 無職 ⑯ その他 ⑰ 不明

(32) 普段の外出時の交通手段について、どれを最もよく使いますか。

① 路線バス ② 乗用車 ③ 軽乗用車 ④ 貨物自動車・軽貨物車  
⑤ 自家用バス・貸切バス ⑥ タクシー・ハイヤー ⑦ 自動二輪車  
⑧ 原動機付自転車 ⑨ 自転車 ⑩ 徒歩 ⑪ 航空機 ⑫ 船舶 ⑬ その他  
⑭ 不明

(33) 外出頻度について、過去の一週間（ここ一週間）で何日外出されましたか

① 0 日 ② 1～2 日 ③ 3～4 日 ④ 5～6 日 ⑤ 7 日（毎日）

(34) ご家庭に保有されているものを教えてください

① 自動車 ② バイク ③ 自転車 ④ その他 ⑤ なし

(35) (34)についてあなたが使用できる状態にあるものを教えてください

① 自動車 ② バイク ③ 自転車 ④ その他 ⑤ なし

(36) 運転免許証を保有されていますか

① はい ② いいえ