

街なかにおける AI カメラを活用した人流等計測方法の検証

株式会社日建設計総合研究所 吉田 雄史

株式会社日建設計総合研究所 土肥 真梨子

株式会社日建設計総合研究所 久保 夏樹

1. はじめに

デジタル社会に向けたまちづくりの一環として、街なかに IoT センシング機器を設置して、歩行者流動量や自動車交通量を計測して地域の課題解決に繋げる取組が行われている。そのなかでも AI カメラは、映像の記録に加えてその画像解析を行うことにより、歩行者の流動量に加えて異常行動の検知や属性等も把握できる可能性があり、複数の地区で実証・実装されている。

三重県四日市市においては、現在中心市街地を東西方向に貫く中央通りにおける都市基盤の再編が計画されており、それに併せたスマート化を進めるべく、令和3年度には市・企業等からなる「四日市スマートリージョン・コア推進協議会」が発足し「四日市スマートリージョン・コア実行計画¹⁾(以下、「実行計画」とする)」が策定された。その一環として、複数の種類の IoT センシング機器等を中央通りにおける街路灯等に導入するスマート・インフラの計画も進められており、昨年度、実行計画に述べられている取組を実現するために適切と考えられる IoT センシング機器の選定や設置個所の検証、計測精度の検証等を目的としたデータサーベイを実施した。

本論文においては、上記のデータサーベイの中から「AI カメラを用いた歩行者・自動車交通量の計測、属性把握」を対象として抽出し、手動計測との比較に基づく検出率とその理由を検証したうえで、AI カメラの計測および設置における考察と課題を整理し、今後の実装に向けた展望をまとめる。

2. 対象地区の概要

2-1. 四日市市の概要

四日市市は、名古屋駅から鉄道で 30 分程度西に位置し、三重県内最大の人口を有する。リニア中央新幹線が開通すると東京・名古屋間が1時間程の移動圏内となり、人・モノ・情報の交流促進が期待されている。

2-2. 中心市街地の概要

令和3年度に策定された「実行計画」は、四日市市の中心市街地における都市再生整備計画の対象区域(まちなかウォークアブル区域を内包)である「リージョン・コア YOKKAICHI 地区」を対象としている。対象区域内の主要な駅として近鉄四日市駅、JR 四日市駅があり、両駅間は約 1.1km の距離があるが、片側 3 車線の広幅員な中央通りで結ばれており、沿道には市役所も立地している。



図-1 四日市中心市街地の概要

現在、中央通り街路空間再編、バスターミナル整備、近鉄四日市駅・JR 四日市駅周辺整備を一体的に行う計画(「ニワミチよっかいち」)が進められている。このうち中央通り街路空間再編においては、中央通りの車道を狭めて集約することで、活用されていないクスノキの並木空間をバス待ち空間や歩行空間、賑わい空間として有効活用するとともに、まちの景観の軸としての一体的な空間を形成する。

「実行計画」においては、この中央通り沿いに新たに整備される街路灯やストリートファニチュア等に IoT センシング機器を設置する「スマート・インフラ」の取組が述べられている。

3. データサーベイと AI カメラの設置概要

3-1. データサーベイの概要

実行計画に述べられている「スマート・インフラ」への実装を前提として、昨年度、適切な IoT センシング機器の選定、設置個所の検証等を目的としたデータサーベイを実施した。具体的には、歩行者及び自動車の交通量計測と環境計測を行い、各計測内容に適した計測方法を抽出し、街なかの適切と判断した個所に設置した(表-1、図-2)。これらの機器のうち AI カメラを用いることにより、歩行者及び自動車の方向別の交通量把握に加えて、歩行者属性の計測を試みた。本調査においては、基本的にはカメラで撮影した動画をデータサーバに保存したうえで AI を用いて画像解析を行い、歩行者・車両等の量や属性を取得した(表-2 に AI カメラの主な特性を明示)。

表-1 データサーベイにおける計測内容と方法

計測項目	計測内容	計測方法				
		AIカメラ	赤外線センサ	AIビーコン	GPS	環境センサ
交通量 自動計測	歩行者計測	通行 断面の通行人数、方向	●	●		
		滞留 特定スポットの滞留人数、時間	●	●		
		滞在 エリア内の滞在人数、時間		●	●	
		回避 スポット間の移動パターン、動線		●	●	
		属性 歩行者の性別・年代、来訪者の居住地	●	●	●	
	自動車計測	通行 断面の通行車両数、方向	●			
		種別 通行車両の車種	●			
環境計測	屋外環境 気温湿度、風光風速、PM2.5					●

表-2 AI カメラの主な特性

測定機器	AIカメラ
取得データ内容	人数、属性、車数、車種等
メリット	・歩行者の属性(性別/年代)、自動車の車種などを高い精度で補足可能 ・電源は必要だが、比較的手軽に設置可能
デメリット	・個人情報の秘匿のための対応が必須(事前告知、データ処理等) ・データサーバの用意 ・電源が必須 ・イニシャル費用 ・地上から高い位置に設置する必要がある

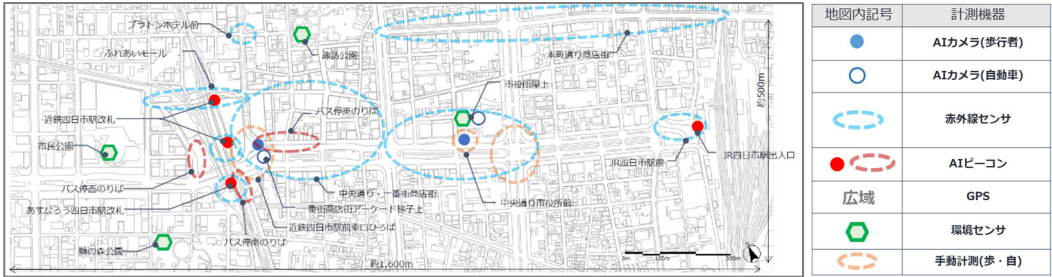


図-2 中心市街地における IoT センシング機器の配置

3-2. AI カメラの設置概要

AI カメラの設置個所は、自動車交通量計測にあたっては、中心市街地の主要な交差点として近鉄四日市駅東口駅前交差点と三滝通交差点の2か所、歩行者交通量計測にあたっては、特に交通量が多い中央通りの北側歩道上で近鉄四日市駅東口周辺と市役所前の2か所を抽出し、合計4か所に AI カメラ計5台(表-3 ①～④)を設置した。各個所において必要な画角確保や設置可能個所等の検討に基づき、①②③については既存の街路灯やアーケード上部に設置した。ただし④については適切な設置個所が見つからず、交差点に隣接する市役所の屋上に設置した。地上 30m 以上という高所からの撮影となるため、高解像度のカメラを採用した(図-3)。

また、AI カメラの計測精度を検証するため、計測期間のうち平日と休日の1日ずつを抽出し、手動(目視含む)による自動車・歩行者計測(交通量及び属性)(以下、「手動計測」とする)を行い、AI カメラの計測結果との比較を行った。その他、各所における AI カメラの機器、設置個数、分析システム、それらに対応する手動計測の概要等は表-3 に示すとおりである。

表-3 AI カメラの機器と計測内容等

対象機器・システム(使用業者)		設置個数	分析システム	計測内容	比較方法	手動計測の概要
①歩行者用カメラ(近鉄駅東口)	ビューボール(カメラ)	1台	Sensevideo	歩行者交通量	同日同時時間帯の手動計測との比較	各方向に計3名配置
②自動車用カメラ(近鉄駅東口)	JVCケンウッド製 GZ-RX600(カメラ)	2台		自動車交通量		交差点の各方向に1名ずつ、計4名配置
③歩行者用カメラ(市役所前)	SORACOM S+ Camera WP(カメラ)	1台	IDEA Counter	歩行者交通量・属性		計1名配置
④自動車用カメラ(三滝通交差点)	Avigilon 8.0C-H5A-BO1-IR(カメラ)	1台		自動車交通量		交差点の各方向に1名ずつ、計4名配置

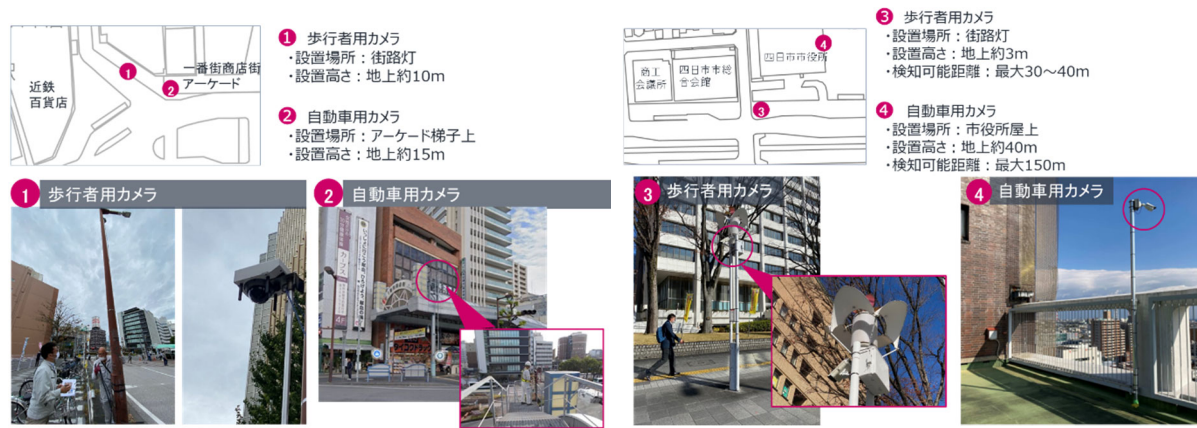


図-3 AIカメラの設置箇所

4. データ取得結果と手動計測結果との比較による検出率

前述の配置に基づき AI カメラによって取得されたデータと、手動計測によって取得されたデータとの比較による検出率を算定した。

4-1. ①歩行者用カメラによる歩行者交通量

近鉄四日市駅東口から中央通りへ向かう横断歩道を断面 A、そこから中央通りの歩道部分を東側に進む断面を B と設定した。表-4 に、断面・方向・時間帯(朝昼夕)別の歩行者交通量を示す。歩行者交通量は、AI カメラによる数値(α)と手動計測による数値(β)及びその検出率(α/β)で示している。

表-4 AIカメラ①の計測結果と検出率

比較項目			AIカメラ(α)	比較対象データ(β)	検出率(α/β)	誤差
断面A *水平距離 約 15m	駅→街	朝	962人	977人	98.5%	-1.5
		昼	995人	957人	104.0%	+4.0
		夕	767人	832人	92.2%	-7.8
	街→駅	朝	204人	236人	86.4%	-13.6
		昼	905人	934人	96.9%	-3.1
		夕	1,147人	1,332人	86.1%	-13.9
断面B *水平距離 約 20m	駅→街	朝	206人	232人	88.8%	-11.2
		昼	615人	960人	64.1%	-35.9
		夕	1,111人	1,270人	87.5%	-12.5
	街→駅	朝	672人	1,002人	67.1%	-32.9
		昼	620人	1,001人	61.9%	-38.1
		夕	866人	881人	98.3%	-1.7

■比較対象データ(b)：同日同時帯の手動計測
 ※比較対象日時：令和3年12月13日(月)7:00~19:00
 ※朝：07:00~09:00/昼：09:00~15:00/夕：15:00~19:00

*計測機器から対象断面までの平均水平距離を示す

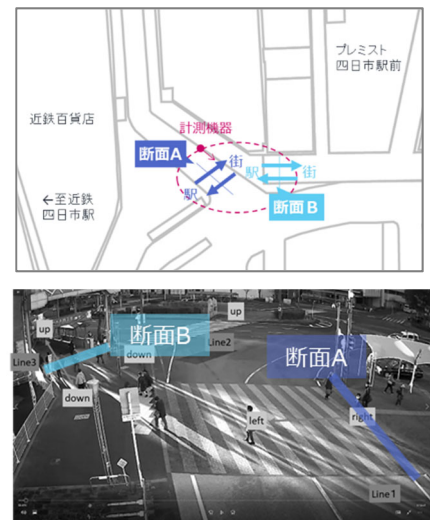


図-4 AIカメラ①の対象断面

断面 A は、検出率約 86%~104%で、誤差は-13.9~+4.0 となっている。特に、駅→街の検出率は比較的高くなっている。断面 B は、検出率約 62%~98%で、誤差は-38.1~-1.7 となっている。いずれの方向も、昼の時間帯の検出率は比較的低く、街→駅の朝と昼の時間帯は特に低くなっている。

上記の検出率の原因については、断面 A は、計測機器からも距離が近く、横断歩道すなわち歩行者動線に対して垂直方向に画角が設定されたため、検出がしやすかったと考えられる。一方断面 B は、計測機器からやや距離が離れていたのに加え、歩行者動線が断面の通過前後で建物に隠れてしまうため、検出率が下がったと考えられる。また、歩行者動線を斜めに撮影したことから、歩行者が重なることにより検出率が下がった可能性も考えられる。

4-2. ②自動車用カメラによる自動車交通量

近鉄四日市駅東口駅前交差点で、下記図-5 に示すように断面 A～D を設定した。表-5 に、各断面・方向・時間帯(朝昼夕)別の自動車交通量と、手動計測値との比率による検出率を示す。

表-5 AIカメラ②の計測結果と検出率

比較項目			AIカメラ(a)	比較対象データ(b)	検出率(a/b)	誤差
断面A	北→南	朝	90台	91台	98.9%	-1.1
		昼	407台	439台	92.7%	-7.3
		夕	307台	330台	93.0%	-7.0
	南→北	朝	150台	154台	97.4%	-2.6
		昼	541台	536台	100.9%	+0.9
		夕	416台	455台	91.4%	-8.6
断面B	西→東	朝	416台	581台	71.6%	-28.4
		昼	2,062台	3,068台	67.2%	-32.8
		夕	1,447台	2,141台	67.6%	-32.4
	東→西	朝	1,039台	1,071台	97.0%	-3.0
		昼	2,909台	2,973台	97.8%	-2.2
		夕	1,908台	1,918台	99.5%	-0.5
断面C	南→北	朝	87台	107台	81.3%	-18.7
		昼	244台	313台	78.0%	-22.0
		夕	199台	239台	83.3%	-16.7
	北→南	朝	110台	172台	64.0%	-36.0
		昼	190台	368台	51.6%	-48.4
		夕	181台	319台	56.7%	-43.3
断面D	西→東	朝	1,137台	1,170台	97.2%	-2.8
		昼	2,947台	2,992台	98.5%	-1.5
		夕	1,987台	2,028台	98.0%	-2.0
	東→西	朝	431台	552台	78.1%	-21.9
		昼	2,020台	2,935台	68.8%	-31.2
		夕	1,435台	2,046台	70.1%	-29.9

■比較対象データ(b)：同日同時時間帯の手動計測
※比較対象日時：令和3年12月13日(月)7:00～19:00
※朝：07:00～09:00/昼：09:00～15:00/夕：15:00～19:00

*計測機器から対象断面までの平均水平距離を示す

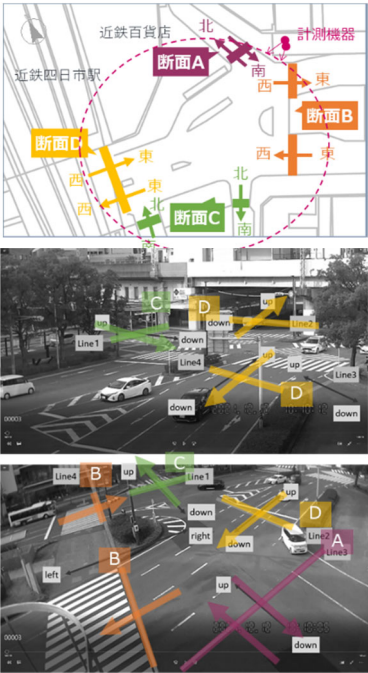


図-5 AIカメラ②の対象断面

断面 A については、両方向ともに検出率が90%～100%代となっている。断面 B については、東→西方向の検出率が97%以上と高い一方、西→東方向の検出率は約67%～約71%と比較的低くなっている。断面 C については、南→北方向の検出率が約78%～約83%である一方、北→南方向の検出率が約52%～約64%と低くなっている。断面 D については、西→東方向の検出率が97%以上と高い一方、東→西方向の検出率は約69%～約78%と比較的低くなっている。また、時間帯による差異では、断面 C について、南→北方向の朝と昼で最大約12%の検出率の差異がみられた。

上記の検出率の原因については、計測機器から障害物がなく視界が良好な画角が確保されていた断面 A や断面 D の西→東は、検出しやすかったと考えられる。一方、計測機器の足元に当たる断面 B の西→東や、カメラの対岸となり遠くなる断面 C や断面 D の東→西は、自動車の重なりや構造物による影、樹木のゆれなどにより、検出率が低くなった可能性が考えられる。

4-3. ③歩行者用カメラによる歩行者交通量・属性

市役所南側の横断歩道部分において、下記図-6 に示すように方向 A、B を設定した。表-6 に、各方向・属性(男女)別の歩行者交通量と、手動計測によるデータとの比率による検出率を示す。

表-6 AIカメラ③の計測結果(男女別)と検出率

比較項目		AIカメラ(a)	比較対象データ(b)	検出率(a/b)	誤差
方向A	男性	390人	522人	74.7%	-25.3
	女性	197人	406人	48.5%	-51.5
	合計	587人	928人	63.3%	-36.7
方向B	男性	259人	560人	46.3%	-53.8
	女性	230人	465人	49.5%	-50.5
	合計	489人	1025人	47.7%	-52.3

■比較対象データ(b)：同日同時時間帯の手動計測
※比較対象日時：令和3年12月13日(月)7:00～19:00

*計測機器から対象断面までの平均水平距離を示す

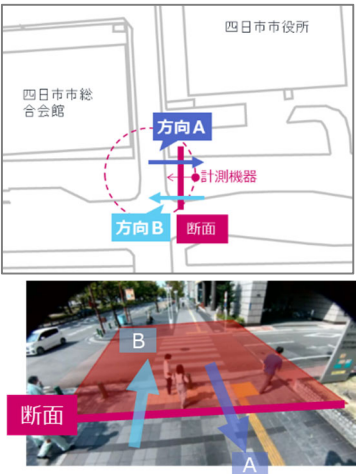


図-6 AIカメラ③の対象断面

表-7 AIカメラ③の計測結果(年代)と検出率

比較項目	AIカメラ(a)	比較対象データ(b)	検出率(a/b)	誤差
～10代	39人	122人	32.0%	-68.0
20代～40代	2,291人	1,168人	196.0%	+96.1
50代以上	404人	663人	60.9%	-39.1
不明	381人	-	-	-
合計	3,115人	1,953人	159.5%	+59.5

■比較対象データ(b): 同日同時時間帯の手動計測
※比較対象日時: 令和3年12月13日(月)7:00～19:00

また、表-7 に年代別の一日の歩行者交通量と、手動計測による数値との比較による検出率を示す。

性別の把握において、方向 A については1日の合計値の検出率が約 63%、男性の検出率が約 75%、女性の検出率が約 49%となっている。方向 B については1日の合計値の検出率が約 47%、男性の検出率が約 46%、女性の検出率が約 50%となっている。

年代別の把握において、一日の合計値の検出率が約 160%となっており、そのうち 10 代未満の検出率が約 32%、20 代～40 代が検出率約 200%と年代間の誤差が大きい。

上記の検出率の原因としては、計測機器の設置高さがカメラ①に比べると低く、歩行者の重なりなど有効な画角が確保できなかった可能性がある。また、設定した検出範囲内における人の通過時間が早い、あるいは検出時間が短く、検出できていない可能性も考えられる。属性把握においては、通行者のマスク着用により精度が低くなっていることや、使用した AI エンジンの学習データ不足(特に 10 代以下の子ども)の可能性が考えられる。一方で、比較対象データである手動計測による属性判定は、あくまで計測員の主観による判定であり、かつ1名で交通量及び属性を判定していたことなどにも留意する必要がある。

4-4. ④自動車用カメラによる自動車交通量

三滝通交差点において、下記図-7 に示すように断面 A～D を設定した。表-8 に、各断面・方向・時間帯(朝昼夕)別の自動車交通量と、手動計測値との比率による検出率を示す。

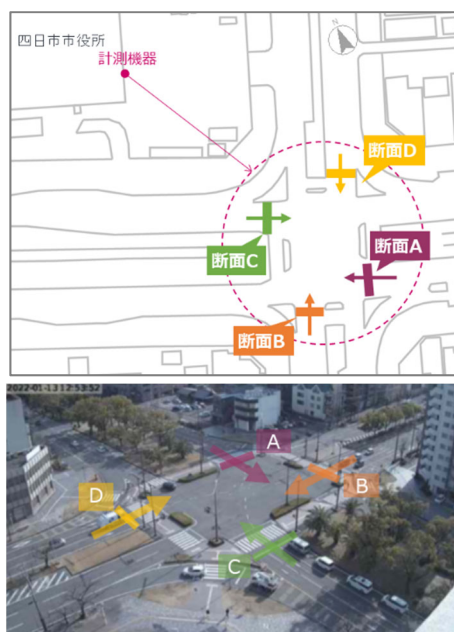
表-8 AIカメラ④の計測結果と検出率

比較項目	AIカメラ(a)	比較対象データ(b)	検出率(a/b)	誤差
断面A *水平距離 約 130m	朝 101台	89台	113.5%	+13.5
	昼 557台	606台	91.9%	-8.1
	夕 324台	385台	84.2%	-15.8
断面B *水平距離 約 130m	朝 192台	151台	127.2%	+27.2
	昼 1,284台	1,226台	104.7%	+4.7
	夕 843台	843台	100.0%	0.0
断面C *水平距離 約 100m	朝 109台	90台	121.1%	+21.1
	昼 758台	755台	100.4%	+0.4
	夕 509台	528台	96.4%	-3.6
断面D *水平距離 約 110m	朝 216台	231台	93.5%	-6.5
	昼 1,209台	1,618台	74.7%	-25.3
	夕 705台	948台	74.4%	-25.6

■比較対象データ(b): 同日同時時間帯の手動計測
※比較対象日時: 令和4年1月16日(日) 7:00～19:00
※朝: 07:00～09:00/昼: 09:00～15:00/夕: 15:00～19:00

*計測機器から対象断面までの平均水平距離を示す

図-7 AIカメラ④の対象断面→



断面 A(南→北)の検出率は約 84%～約 114%、断面 B の検出率は 100%～約 127%、断面 C の検出率は約 96%～約 121%、断面 D の検出率は約 74%～約 94%となっている。

時間帯別の傾向としては、朝の時間帯については、断面 A、B、C において、実際より多く台数が検出されている。また、夕の時間帯は断面 A、C、D においては、実際より少なく台数が検出されている。ま

た、断面 D を除き、昼の時間帯の検出率の誤差は、±1 桁台となっている。

上記の検出率の原因としては、断面 A、B、C においては、朝と夕の時間帯には、中央分離帯の樹木や交差点部の街路灯の影が路面に大きく現れた結果、検出に影響を与えた可能性が考えられる。また、車線数の多い交差点に対して高所から1台のカメラで検出を試みた結果、車体が小さくなり検出に影響を与えた可能性も考えられる。

5. 考察と今後の課題

以上の検討結果に基づき、今後の AI カメラによる計測および設置における考察と課題を整理する。

【歩行者交通量計測】

歩行者交通量計測にあたっては、AI カメラ設置位置に距離が近い断面においては検出率が高い一方、距離が遠い断面（画角が奥）において検出率が低い傾向がある。また、距離が近くても設置高さが十分でないと、歩行者同士が重なり合う等の状況により検出率が低くなっている可能性がある。

設置にあたっては、極力計測断面に近い場所に設置するとともに、動線の双方向を俯瞰的に捉えられ、かつ歩行者の画像が小さくならない程度の高さ及び角度に設置することが考えられる。さらに、動線に対して極力垂直方向からの画角とすることで、検出精度の向上が期待できる。

【自動車交通量計測】

自動車交通量計測にあたっては、双方向の交通動線を明確に捉えられている場合には検出率が高く、車同士が重なって見えている場合、視界に建物や樹木の影などが落ちている場合には検出率が低くなる可能性が高い。

設置にあたっては、特に車線が多い交差点においては、AI カメラを交差点の四つ角にそれぞれ設置し、1断面につき交差点の対角線上における1台の AI カメラを割り当てることが考えられる。滞留長・渋滞長を計測する場合には、車線付近に別途専用の AI カメラを設置することが考えられる。また、樹木や建物の影などなるべく視界を遮るものがない画角を選択すること、時間帯により路面に発生する影の特徴と影響を理解した上で分析することも重要である。

【歩行者の属性検出】

今回の計測においては、性別・年代ともに AI カメラによる計測結果と手動計測結果との誤差は大きく出るという結果となった。今後は、AI エンジンの性能向上による通行者のマスク利用時の属性判定精度向上に期待するのに加え、属性を把握しやすい画角や設置場所等の十分な事前検討とそれに併せた AI エンジンの事前学習・チューニング等が必要と考えられる。

6. おわりに

本稿では、街なかにおける IoT センシング機器の一例として AI カメラを取り上げ、自動車交通量、歩行者交通量、属性の把握内容を、手動計測による結果と照らし合わせることで、AI カメラの計測および設置にあたっての課題や留意事項、実装に向けた今後の展望を明らかにすることができた。

今後、中央通りにおけるスマート・インフラへの実装に向けて、市、協議会など関係者との連携によりさらなる精度向上を目指して知見を積み重ね、持続可能なデータ計測・利活用に繋げていきたい。

【参考文献】

- 1) 四日市スマートリージョン・コア実行計画, 2022 年 3 月, 四日市市都市再生協議会
<https://www.city.yokkaichi.lg.jp/www/contents/1648455003806/index.html>

【備考】

本稿は、令和3年度に四日市市、株式会社日建設計から委託された業務成果の一部に基づいている。