

# 笑顔を用いた「歩行空間評価システム」の開発

関口 彰<sup>1</sup>・小嶋 文<sup>2</sup>・久保田 尚<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 国際航業株式会社 国土保全グループ (〒102-0085 東京都千代田区六番町2)

E-mail:akira\_sekiguchi@kk-grp.jp

<sup>2</sup>正会員 埼玉大学助教 工学部建設工学科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)

E-mail:kojima@dp.civil.saitama-u.ac.jp

<sup>3</sup>フェロー会員 埼玉大学教授 工学部建設工学科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)

E-mail:hisashi@dp.civil.saitama-u.ac.jp

近年、歩行空間の重要性が認識されてきている。しかし、歩行空間の評価指標が未だ確立されておらず、歩行空間整備が進まない状況を生み出していると考えられる。本研究では、現在の歩行空間の評価指標で課題となっているサンプル数や定量的評価といった点の解決するものとして、歩行者の笑顔を用いた歩行空間評価指標の確立を目的とする。また、確立した評価指標を用いて歩行空間を簡易に評価できる「歩行空間評価システム」の開発を行った。複数地点の観測と同一地点の長期観測より、複数人で歩行していることや車道上自転車通行レーンの存在が歩行者の笑顔度を高くすることがあきらかになった。また、商店街で「歩行空間評価システム」を実際に運用した上で、商店主、行政に使用性へのヒアリングを行い、システムの有用性が示された。

**Key Words :** pedestrian, walking space, facial expression, smile

## 1. はじめに

### (1) 背景

モータリゼーションの進展に伴う都心部の衰退が指摘されることや、コンパクトシティなどの持続可能な都市づくりの推進により、歩行空間の改善、および歩行者優先あるいは歩行者専用の空間整備の必要性が認識されている。

しかし、現状では歩行空間整備のための評価指標が確立されていない。歩行空間の評価では、空間内での歩行者の行動の多様性が定量的な分析を困難としており、社会的正当性への説明力が欠如してしまう。

現在の歩行空間評価は、歩行者からの評価のほとんどをアンケート調査に頼っている状況である。アンケート調査では、事実上ランダムサンプリングが困難、手渡し・郵送回収では曖昧な記憶ではその他の要因との混同する恐れがある、歩行者が協力する意思のある人のみを対象と時点で回答に偏りが出るうえ、本来であれば歩行者空間を楽しんでいるはずの時間を「アンケートに回答することに費やしている」こと自体が心理的負担となつて、回答内容に悪影響を与えること想定される。また、歩行者の多様な行動を評価するにあたり歩行者心理を正しく評価できる評価指標であることも重要である。

以上より、空間に対する歩行者の評価、特に歩行者の意識や心理を捉えた空間の評価が重要であり、評価に用いる評価指標を確立する必要性は非常に高いと思われる。さらに、確立された指標を用いた簡易な操作で評価できるシステムを開発することが歩行空間整備促進につながると考えられる。

このような課題に対応するため、評価手法として、歩行者の外形的特徴となる表情、およびしぐさが、歩行空間の質を表す指標として検討されている<sup>1,2,3</sup>。歩行者の外形的特長は、観察の対象者が無意識のうちに、すなわち協力意思に関係なく得られる情報であり、理論的には全ての歩行者から得られ、少なくともランダムサンプリングを可能にする。これらのことから、歩行者の外形的特長は、歩行空間の指標として、適切な役割を果たす可能性が期待されている。

### (2) 本研究の目的

本研究では、上述した歩行者の外形的特長の中でも、技術の進展により自動数値化の技術が進む、“笑顔”を用いた歩行空間評価指標の確立を目指すこととする。さらに、佐藤ら<sup>3</sup>の研究で開発された「笑顔度算出システム」をもとに、防犯カメラを利用して撮影した映像から、歩行者の笑顔を数値化し指標として出力する「歩行空間

評価システム」を開発することを目的とする。

### (3) 笑顔度算出システム

ここで、平成 25 年度に開発された、笑顔度算出システムについて説明する<sup>3)</sup>。笑顔算出システムは、動画の中で歩行者の顔を検知し、目や口の形、顔のしわなどの情報から、歩行者の笑顔度合い（笑顔度）を 0~100% の範囲で算出し、逐次的に CSV ファイルに書き出すシステムである。歩行者の顔の検知及び笑顔度の算出には、オムロン社の顔認識センサー（OKAO Vision）を利用している。本研究においても、歩行者の笑顔の度合いについては、この笑顔度算出システムを用いてデータ化した笑顔度を用いることとする。

### (4) 研究方法

本研究では、既存研究<sup>3)</sup>で明らかになった、笑顔を用いた評価指標の課題を抽出し改善することで新たな指標として確立し、「歩行空間評価システム」の開発を行う。研究の方針をフローとしたものが図-1 である。

3 章では、多様な街路において笑顔度を変化させる要因の抽出を抽出する。複数の街路において笑顔の観測を行い重回帰分析により笑顔度に影響を与える要因の抽出をする。また、その結果より車道上自転車通行レーンの影響が明らかになったことから、車道上自転車通行レーンの利用状況の調査を行った結果を述べる。

4 章では、埼玉県内商店街において実際に防犯カメラを設置し、実運用と同じ条件で観測調査を行い、1 か月間の長期的な観測を行うことで、時間によって変化する、歩行者の笑顔に影響する要因の抽出を行った。

5 章では、歩行空間評価システムの開発と検証として、システムの検出精度や設置条件で笑顔度に差がでるかの検証について述べるとともに、システムの使用性・実用性に関する検証として、防犯カメラを設置した商店街の方、及び、自治体市役所の方々に実際にシステムを使用していただき、アンケート調査を行った結果について述べる。

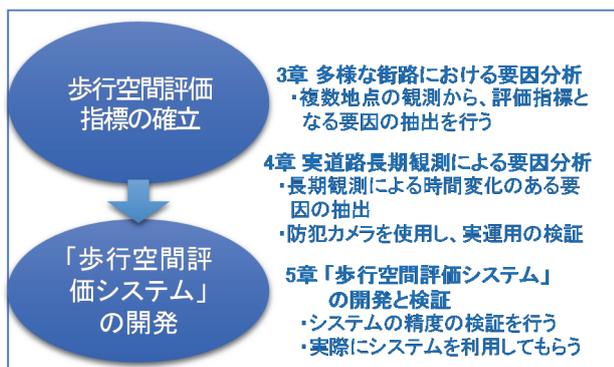


図-1 本研究のフロー

## 2. 笑顔の心理プロセスに関する理論の検討

### (1) 歩行空間の評価に関する既存研究

歩行空間の評価指標に関する既存研究では、アンケート調査やサービス水準を基にしている。鈴木ら<sup>4)</sup>の研究では、歩行者の歩行軌跡をもとに有効な歩行空間整備について述べられているが、フルーインのサービス水準を用いており、歩行者の多様性を考えると歩行空間の評価に限界があることが記されている。谷口ら<sup>3)</sup>の研究では、歩行者が歩行者優先道路を望んでいるかを、心理尺度などを用いたヒアリングアンケートを元に分析を行い、自動車と自転車の存在が歩行者の楽しさに負の影響を与えていることを示している。

### (2) 笑顔と心理の関係に関する既存研究

人の心理と外形的特長については、社会心理学等の分野で研究が進んでいる。マレービン<sup>5)</sup>の研究では、人は何をもとに感情を判断するかの実験から、言葉以外のコミュニケーション（外形的要因）が 55%、声の質や、話の内容が 45% という結果を示している。ここでは、人の感情を表情から読み取ることが可能であることが示唆されている。エクマン<sup>6)</sup>によると、表情は多重信号（マルチシグナル）の多重通信（マルチメッセージ）を備えており、年齢とともに変化する表情の静的な信号と筋肉の動きによる素早い信号などの複数の信号が重なる信号を読み取ることで正確な感情をくみ取ることが可能であるとしている。その信号の中でも素早い信号、つまり表情の変化が感情となっている。エクマンの実験では、表情は「文化・文明の垣根を超えて世界共通で、だれとでも正確にとらえることができる」という結果が示されている。中でも、笑顔は、95%~100%の確率で意見の一致が見られており、笑顔の認識は世界共通といえる。

### (3) 歩行者の笑顔に関する既存研究

札元ら<sup>7)</sup>は歩行者の笑顔に着目し、SONYやNikon製カメラに搭載されているデジタルカメラのスマイルシャッターという機能やオムロン社のビデオカメラの映像をもとに、歩行者の笑顔を数値化するスマイルスキャンを用いて、歩行者天国時と通常時の街路での歩行者の表情の違いについて、分析を行った。その結果、アンケート調査でより高評価を得た歩行者天国において、笑顔が増加する結果となった。これにより、歩行者の表情に着目した歩行空間評価の可能性が示された。

佐藤ら<sup>8)</sup>の研究では、防犯カメラを想定した 3m の高さにビデオカメラを設置し、その映像をもとに「笑顔検出システム」を用いて笑顔度の測定を行った。22 地点での実道観測調査を行い、歩行空間の構造が歩行者の笑顔度にどのように影響するか分析し、3m 以上の歩道空

間では笑顔度が高くなることが示された。以上より街頭の防犯カメラを想定した映像から道路形状が笑顔に影響することを確認でき、歩行空間の新たな評価指標としての可能性を示している。

防犯カメラを想定することで、理論上歩行空間内の歩行者全員を観測できることから、課題であるサンプル数とランダムサンプリングについては、解決できると考えられる。しかし、佐藤ら<sup>3)</sup>の研究では、防犯カメラを想定した高さ、角度の映像であり、実際の防犯カメラ映像を使用していない。防犯カメラを利用する場合は、設置条件によりカメラの角度も変化すると考えられるが、その時の笑顔度への影響への分析は十分ではない。また、まだ新しい評価指標であり観測地点数が 22 地点と少ない現状がある。さらに多くの地点の観測を行い、評価指標としての信頼性の向上も必要であると言える。

#### (4) 本研究の位置づけ

本研究では、笑顔を用いた歩行空間評価システムを確立することで、既存の評価方法であるアンケート調査やサービス水準といったものでは評価できなかった歩行者の正確な心理や、ランダムサンプリングと理論上全歩行者を対象とする評価指標とする。また、近年研究されている歩行環境の要因についても笑顔を用いた評価指標からのアプローチを行うことで、評価指標の信頼性向上に努める。

### 3. 多様な街路における要因分析

本章では、街路歩行空間が歩行者表情に影響を与える要因の分析を行うため、多様な街路において歩行者表情を観測し、表情に影響を与える歩行環境の抽出を行う。

また、本章での観測調査ではカメラの設定は表-1の条件で行った。

#### (1) オープンカフェにおける笑顔度の要因分析

##### a) 調査概要

調査日時は、平成 26 年 5 月 24 日（土）の 11 時～16 時の 5 時間、場所は埼玉県さいたま市の中心的なターミナル駅である、JR 大宮駅前に位置する、西口レンガ通りである（図-2）。

表-1 カメラの設定

観測時間	6時間(10時～16時)
カメラの高さ	3m
カメラの角度	25°
使用したカメラ	HDカメラ: SONY HDR-CX370
	総画素数: 420

調査当日は測地点で道路上のオープンカフェを伴う車両通行止め規制が行われ、車両は進入禁止となっている。

既存研究<sup>1)</sup>の結果より、歩行者が歩行中に衝突の危険を感じるとストレスが上昇するという点に着目し、歩行者同士の衝突の危険が多い通路幅が狭い地点と広い地点の 2 地点を比較し笑顔度の差を検証することを目的とする。

##### b) 調査方法

オープンカフェ内に出店する店舗や歩道内のテーブルなどによって生じる幅の狭い地点での歩行者の表情と、障害物のない地点での歩行者の表情を撮影し分析する（図-3、図-4）。

##### c) 分析概要

ビデオカメラで撮影した 2 地点の映像を笑顔度算出システムによって笑顔を数値化し、笑顔度を比較する。

##### d) 分析結果

図-5 に笑顔度の平均を比較した結果を示す。広い地点に比べて狭い地点では笑顔度が低下する結果となった。また、2 地点の笑顔度について平均値の差の検定で P 値が 0.000 となり有意な差があることが示された。



図-2 調査地点位置図



図-3 狭い（ボトルネック）地点



図-4 広い地点

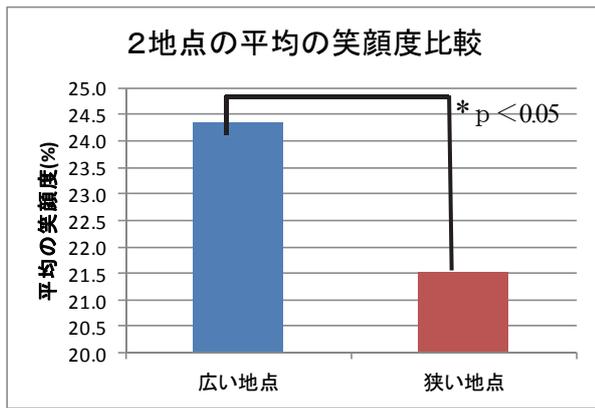


図-5 2地点の平均的笑顔度

これより、歩行空間の質の低下を、笑顔を用いた歩行空間評価指標で評価できることが示された。

## (2) 多様な街路による笑顔に影響を与える要因の検証

本検証では、複数地点の観測を行い歩行環境のどの要因が笑顔度に影響を与えているかを検証することを目的としている。佐藤ら<sup>3)</sup>の研究において実施した観測に地点を加えて分析することで、より詳細な分析を行う。

### a) 調査概要

観測時間は10時～16時の間の6時間とし、佐藤ら<sup>3)</sup>の研究の観測条件と同じ条件に設定した。観測地点は、平成25年の研究開発における22地点に加えて、本研究では32地点の観測調査を行った。分析では、両者を合計した54地点のデータを用いる。

調査項目としては、ビデオカメラによる歩行空間のビデオ撮影、歩行空間の属性（歩道の有無、幅員、歩道の種類、近隣の環境等）及び、歩行者・自転車交通量について調査を行った。「中型商業施設」については、2階以上のフロアを有する商業施設の有無を表している。

### b) 調査方法

各観測地点にビデオカメラを設置し、ビデオカメラで歩道の撮影を行う。カメラの設置条件は、防犯カメラを想定し高さ3mでカメラの角度を25°とした。

### c) 分析方法

本調査では各地点の動画を笑顔度算出システムで解析し、各地点の平均笑顔度と歩行環境の関係を、重回帰分析を用いて要因の抽出を行う。この分析では、誤検出データを除外し分析を行っている。

### d) 分析結果

各観測地点の平均笑顔度と、街路歩行空間の属性に関する重回帰分析の結果を表-2で示す。重決定係数に関しては、0.268となり、当てはまりの良い値ではなかったが、説明変数において有意なものはいくつか上げられた。

表-2 平均笑顔度と街路空間の要因に関する補正重決定係数および係数の有意性

回帰統計			
重相関 R	0.517472872		p<0.1 *
重決定 R2	0.267778174		p<0.05 **
補正 R2	0.156353113		
	係数	標準誤差	P-値
切片	14.36349209	1.648988567	2.71253E-11
歩道の高さ (cm)	0.023692062	0.051210082	0.645800347
車線数	-0.700660479	0.653157173	0.288988429
自転車専用レーンの有無	1.482423661	0.867590707	0.09425282 *
花屋の有無	5.11109247	2.206801692	0.025064616 **
中型商業施設の有無	2.769745904	0.871456081	0.002648656 **
歩道の有無	-1.597253024	1.397571037	0.259002831
歩道内を走行する自転車台数	-0.001789797	0.001701315	0.298290835

有意な差の見られた係数として、花屋の有無や中型商業施設の有無に関しては歩行環境の中でも沿道の店舗に関する項目となっており、歩行者の笑顔度を上昇させる要因としては沿道店舗の影響が強く現れることがわかった。また、車道上自転車通行空間の有無に関しては、車道上自転車通行空間があると歩行者の笑顔度は高くなる関係が見られており、有意水準10%有意であることが示されている。自転車を車道で走行させる整備が笑顔度の向上に有意に影響していることが示された。有意性は見られなかったものの、歩道内を走る自転車の台数に着目すると、自転車の台数が増加すると笑顔度は下がるという関係も見られている。

## (3) 自転車通行空間に着目した分析

近年、自転車は車道走行が原則、という認識が再確認されるに伴って、車道上の自転車通行空間の整備が急速に進められている。

また、(2)の分析においても車道上自転車通行空間の有無が有意な要因として挙げられている。

そこで、本研究では歩行空間評価システムを用いて、歩行空間改善事例として車道上自転車通行空間の整備前後を比較するとともに、自転車の歩道通行状況と街路空間の関係を示すことで、歩行空間評価システムの有用性の検討を行う。

本分析では、前項の調査地点である54地点のうち車道上自転車通行空間のある15地点について以下の2項目で分析を行った。

- ・車道上自転車通行空間の整備前後の比較
- ・車道上自転車通行空間に着目した分析

## (4) 車道上自転車通行空間の整備前後の比較

a) 分析概要

本分析では、車道事情自転車通行空間の整備前後の比較として、埼玉県草加駅・蕨駅における整備前後の歩行者の笑顔度の平均値を比較した。

b) 分析結果

草加駅と蕨駅について笑顔度を比較した結果を図-6に示す。草加駅では、整備直後では笑顔度が下がっているものの最終的には笑顔度が上昇している。蕨駅では整備後に笑顔度が下がる結果となった。草加駅については分散分析の結果、有意な差は見られなかった。蕨駅では平均値の差の検定をしたところ有意な差が見られた。2地点の整備事前事後の調査からは、自転車通行空間の整備により歩行者の笑顔度が向上するという一貫した結果は見られなかった。

(5) 自転車車道上通行空間に着目した分析

a) 分析概要

現在、車道上の自転車通行空間について、整備後であっても自転車による使用率が低いことが問題とされている。原因として歩道の幅員が広い場合自転車が歩道内を通行する傾向があると考えられている。この点についての検証を行うため、車道上の自転車通行空間のある地点で歩道上の自転車交通量と笑顔の関係について検証したうえで、自転車通行空間の有効性を確かめる。

前節で示した重回帰分析の結果、自転車通行空間の存在があると歩行者の笑顔度は高い傾向にある結果となったが、実際に自転車通行空間が歩行空間の向上に寄与しているのかの検証を行う。

b) 分析結果

歩道内を走る自転車と笑顔度について分析

を行った結果を図-7である。この結果からは、歩道内を走る自転車数が増えるにつれて笑顔度が低くなる結果が得られた。これより、車道上の自転車通行空間を設置することで、自転車と歩行者の通行空間を切り離し、笑顔度を上昇させることが期待できる。

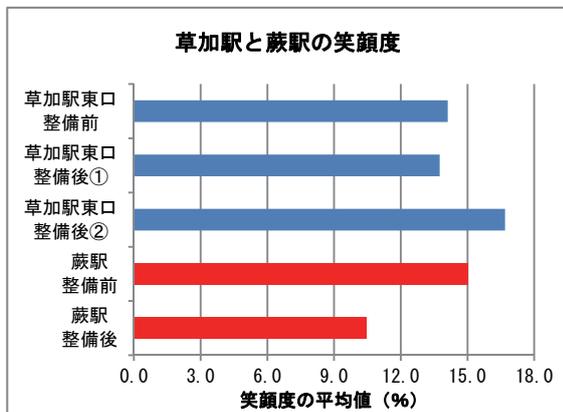


図-6 自転車通行空間整備前後の平均笑顔度の比較

しかし、先も述べたように自転車通行空間が設置されても、歩道内を走る自転車が多くのことが問題視されている。そこで、歩道内を走る自転車の割合と有効幅員の関係性を見ていくと図-8のようになり、有効幅員が広がると自転車が歩道内を走る可能性が高くなることを示された。これより、より快適な街路空間の整備には自転車通行空間の設置だけでなく、自転車通行空間を走らせるための他の対策も、同時に考える必要があると考えられる。

4. 実道路長期観測による要因分析

本章では、防犯カメラを利用した実用化を想定した一連のプロセスを実施し、1地点で長期観測を行うことで、時間とともに変化している歩行環境の要因に着目して分析を行う。本調査では分析を行うために、さいたま市内の商店街である、北浦和西口銀座商店街に協力を得て、1ヶ月の長期観測を行った。

(1) 調査概要

本調査では、12月1日から12月31日の1ヶ月間で歩行者の表情を正確に読み取るために10時から16時までの時間帯を分析に用いる時間とする。ただし、14日と26日は異常値が算出されたため、分析に使用していない。そのため、分析対象は29日間のデータとする。

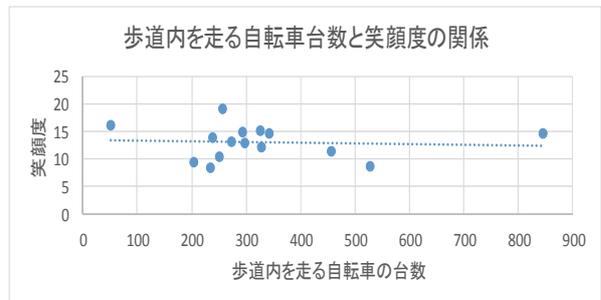


図-7 歩道内を走る自転車台数と笑顔度の関係

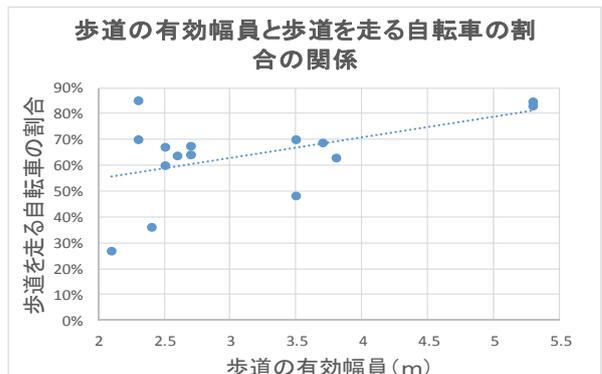


図-8 歩道の有効幅員と歩道内を走行する自転車の関係

調査地点は、本調査で北浦和西口銀座商店街にあるサイトウ薬局前に防犯カメラを設置し、街路の観測を行った。観測地点周辺の地図を図-9に示す。

a) 調査方法

本調査では、北浦和西口銀座商店街に許可をいただき、商店街内の街灯に防犯カメラを設置した。設置の条件は、本研究で使用している高さ 3m、角度 25°としている。撮影の際には、商店街の入り口と出口に看板を設置し、カメラを設置した街灯にも小型の看板を設置することで映像の記録を行っていることや使用目的の告知を行った

( 図-10～図-12) .

b) 分析方法

本分析では、防犯カメラを利用した実用化を想定したプロセスの中で撮影した映像を、笑顔度検出システムを用いて数値化し、得られた笑顔度と時間変化を伴う歩行環境とどのように関係しているか検証を行った。本研究における時間を伴う歩行環境として、気温や曜日といった要因について着目して分析を行う。また、交通量調査も同時に行い、交通量と歩行者の笑顔度との関係や、歩行環境との関係についても分析を行う。

c) 交通量に着目した分析結果

今回観測調査を行った地点では、歩行空間内に歩行者と車両を分ける要素がなく、混在した状態となっている。また周辺が住宅街となっているため、歩行者や車両の交通量が笑顔度へ影響していることも考えられる。笑顔度と複数人である歩行者数の関係を図-13に、笑顔度と自動車の交通量との関係を図-14に示す。

複数人で歩いている歩行者と笑顔度の関係は、複数で歩いている歩行者数が増えるごとに歩行者の笑顔度が高くなっている。また、単回帰分析の結果、回帰係数の p 値は 0.002 となっており、複数人で歩いている歩行者数と笑顔度の関係が有意であることを示している。自動車の交通量と笑顔度の関係では、自動車交通量が多くなると歩行者の笑顔度が低くなる傾向が見られている。単回帰分析の結果、回帰係数の p 値は 0.04 となり、有意な値を示している。



図-9 観測地点



図-10 西側看板



図-11 カメラ付近

歩行空間評価に関する  
観測調査

監視カメラ設置中

撮影期間 月日～月日まで

観測調査のため  
この通りはカメラで  
撮影しています。

埼玉大学  
工学部 建設工学科  
交通計画グループ  
連絡先

図-12 設置看板

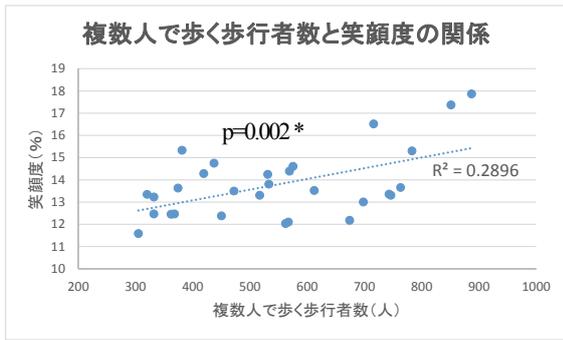


図-13 複数人で歩く歩行者数と笑顔度の関係

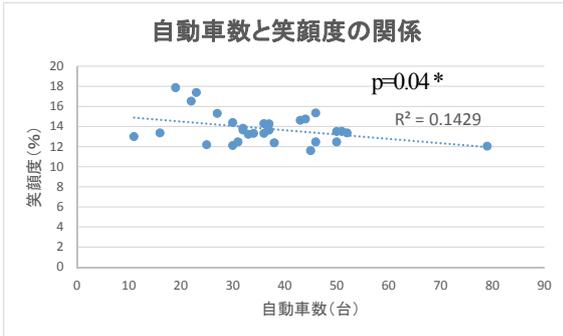


図-14 自動車数と笑顔度の関係

よって、交通量と歩行者の笑顔度の関係としては複数人で歩行している歩行者数が増加すると歩行者の笑顔度が上昇し、自動車の交通量が増加すると歩行者の笑顔度が低下することが示唆された。

d) 天気に着目した分析結果

天気によって歩行者の笑顔度の変化について分析を行った(図-15)。雨の降った1日、4日、16日、20日、29日を雨の日とし、12月のさいたま市の太陽が出ている時間が約10時間であるため、日照時間がその半分である5時間以下の日である11日、12日、21日の3日間を曇りの日、その他の日を晴れの日とする。天気による笑顔度の変化について分散分析を行ったところ、P値は0.000となり、有意な差が見られた。一番笑顔度が高いのが晴れの日となり、続いてに雨の日、曇りの日という結果となった。曇りと雨の日については笑顔度の差が0.5程度であったが、雨の日と晴れの日では1.1程度の差があり晴れの日が雨の日と曇りの日に比べて笑顔度が高くなる傾向があるといえる。

e) 曜日に着目した分析

曜日に着目した分析により、歩行者の曜日ごとの笑顔度を分析する(図-16)。曜日においては、祝日やイベントのある日などを考慮するため23日の祝日、24日・25日をイベント、30日・31日を年末として祝日扱いとして、平均笑顔度の変化について分析を行う。分散分析を行った結果、P値が0.000となり、有意な差が見られた。結果としては、日曜、祝日において笑顔度が高くな

る傾向が

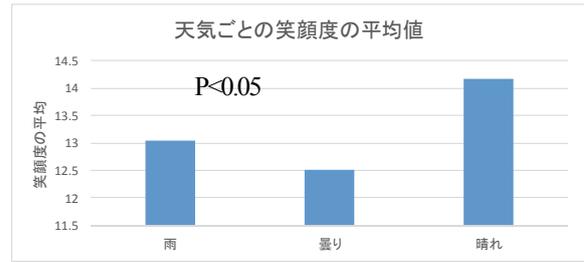


図-15 天気による笑顔度の変化

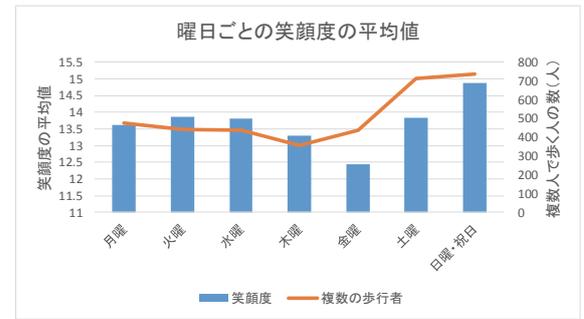


図-16 曜日に着目した笑顔度の変化

ることが示された。また、複数で歩いている歩行者の数と照らし合わせると笑顔度の変化と複数で歩いている歩行者の数が対応している傾向が見られた。

5. 「歩行空間評価システム」の開発と検証

(1) 「歩行空間評価システム」の開発

本研究では、笑顔を用いた歩行空間評価指標の確立とともに、それを用いた簡易な評価システムの開発を研究の目的としている。今回提案する「歩行空間評価システム」では、笑顔を数値化するシステムである笑顔度算出システムとデータベースシステムを一体化し、簡便な操作性を備えたシステムとする。また、近年問題になっているプライバシー保護の観点から、使用時には意図的な操作をしない限り、動画や解析に使用された画像を見ることのない設計とした。

(2) システム精度の検証

笑顔度検出システムでは、表情のパーツに着目し笑顔を数値化している。そのため表情でないものでも、表情のパーツと非常に似通ったパターンを持つものを誤検出する可能性がある。実際に研究を進める中で、誤検出の存在が確認されている。

評価指標として確立する中では、指標としての信頼性を示すことは重要なファクターであるため、実際に使用したデータの中から、その精度を検証する。検出精度の検証については以下の4項目において検証を行った。

- ・ 歩行空間評価システムの設定値による誤検出の差
- ・ 54 地点の現地調査の結果を用いた検出精度の検証
- ・ 発生する誤検出の詳細分析
- ・ 映像を用いた分析における歩行者の表情の捕捉率

**a) 歩行空間評価システムの設定値による誤検出の差**

検証においては、既存研究<sup>3)</sup>で行われていた設定においての検出結果の精度と、本システムの表情認識センサーの開発者であるオムロン社の推奨する設定閾値における検出結果の精度の2つのパターンについて検証を行った。設定変更前後のデータ 2 地点各 1 時間について分析を行った。結果は、歩行者の表情が正しく検出された割合が既存研究<sup>3)</sup>の調査の設定では 50%以下に対して、推奨値では 90%前後となった(図-17)。しかし、推奨値では検出データ数の低下も見られている。

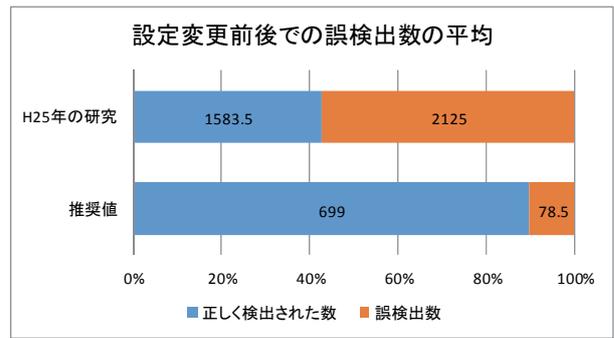


図-17 設定変更前後での誤検出数の平均

**b) 54 地点の現地調査の結果を用いた検出精度の検証**

観測調査を行った 54 地点のデータを用いて、本システムの検出精度の分析を行った(図-18)。54 地点の合計サンプル数は 71,903 であり、その平均の正しく検出している割合は 91%であった。ただし、検出精度ごとの地点数のグラフでは検出精度が 20%以下の地点も観測されている。

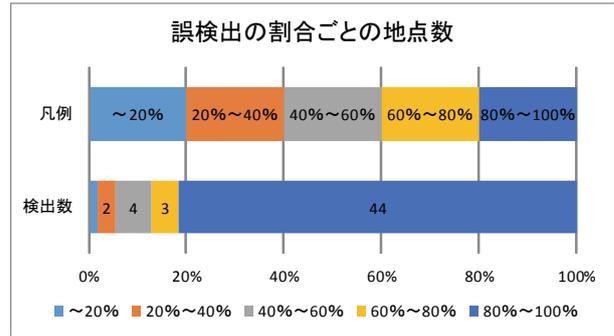


図-18 誤検出の割合ごとの地点数

**c) 発生する誤検出の詳細分析**

b)より検出精度が極めて低い地点が観測されている。そこで、何が誤判別されて検出されているのかを検証した。検証方法としては、オープンカフェ実施時、実道路、防犯カメラ使用時の観測調査といった複数の異なる観測条件のもと行ったため各調査から数地点ずつサンプルをとり、合計 10 地点に関して誤検出されているものの詳細な分析を行う。誤検出の種類を、誤検出を顔と同じ速度で動くものとして体の一部、動かないものとして物、顔と判別はしているがブレており表情の認識に誤差が生じる恐れのあるものの3種類に分類し行う。

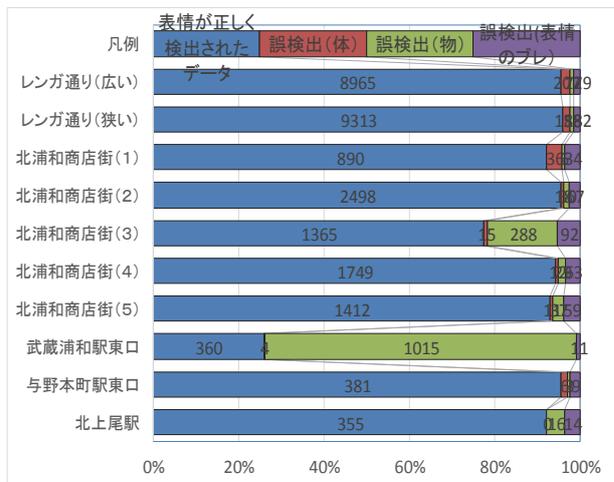


図-19 10 地点の誤検出の詳細分析

分析の結果は、物の誤検出が多いことが判明した(図-19)。物の誤検出が多い地点の検出データでは、路上に設置されているものが繰り返し認識されており、そのため物の誤検出が多い原因となっている。北浦和商店街では商品のラックが 16%、武蔵浦和駅ではポールが 71%検出されている(表-3)。

表-3 多く検出された路上設置物

本システムで利用しているセンサーは、表情と特徴が同じものを誤判別する可能性がある。そのため、道路や沿道のものなど常に動かないものが誤判別されると、観測中常に検出される可能性があり、検出精度に大きく関わることが判明した。

北浦和商店街(3)		
データ数	1760	
多く検出された誤検出	279	
割合	15.9	
武蔵浦和駅東口		
データ数	1390	
多く検出された誤検出	990	
割合	71.2	

本システムを長期観測に使用する場合は、初めに観測地点に誤検出を誘発する原因がないかの確認を行うこと、その後の環境の変化がないかを確認する、といった必要があるといえる。また、観測中に笑顔度の数値が突然変

化するような場合は、歩行環境に変化がなかったかを  
確認し、誤判別の特別な増加を見落とさないように注意  
する必要がある。

**d) 映像を用いた分析における歩行者の表情の捕捉率**

本分析では、a)における閾値の変更による検出数が減  
少したことから、システムの歩行者の表情の捕捉率につ  
いての分析を行う。

分析に用いたデータより、実際に歩行した歩行者数  
(表情の確認できた歩行者)と、システムが捕捉した歩  
行者数より捕捉率を算出した。結果として、表情が見え  
る歩行者のうちシステムが検出した歩行者の割合は、設  
定変更前が 57%、設定変更後が 39%となった(図-20)。

よって、現段階では検出可能な歩行者の 4 割の捕捉率  
となっている。

**(3) 評価に必要なデータサンプル数の検討**

ここで、評価に必要なサンプル数について検討する。

図-21は、前節に示した商店街における1ヶ月間の計測  
結果について、日別に検出された笑顔度のデータ数と、  
それらのデータの標準偏差の関係を散布図に示したもの

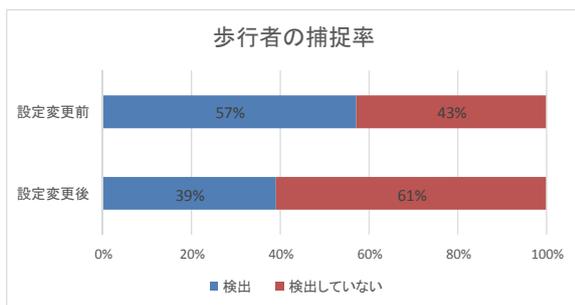


図-20 歩行者の捕捉率

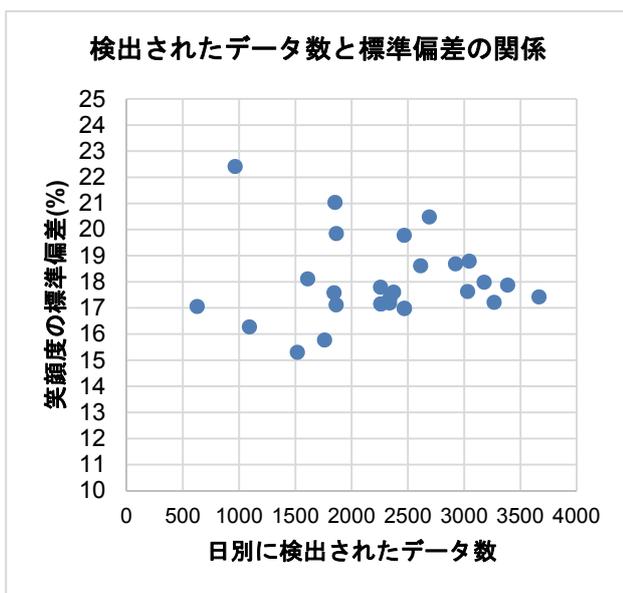


図-21 長期観測における笑顔度の日別データ数と標準偏差の関  
係

である。データ数が 500~2,000の間では、標準偏差が 15  
~22(%)程度の範囲にばらついているが、データ数が  
3,200~3,500 程度になると、標準偏差は、17~18(%)程度  
の範囲に収束していることが分かる。このことから、笑  
顔度の平均値を信頼係数 99%、誤差 1(%) (※ここで言う  
(%)は、笑顔度の単位である) 以内で推定したい場合に  
必要なサンプル数を求める。笑顔度の真の標準偏差は未  
知であるが、上記の結果から仮に 17.5(%)とすると、必  
要なサンプル数  $n$  は次の式で求められる。

$$n = \left( \frac{2.58 \times 17.5}{1} \right)^2 \tag{1}$$

これを計算すれば、 $n$  は  $2,038.5 \approx 2,039$  となる。以上の  
ことから、笑顔度の平均値 (%)を信頼係数 99%、誤差  
1(%)以内で推定したい場合の必要サンプル数は 2,000 程  
度であると考えることができる。

**(4) カメラ角度による笑顔度の誤差の検証**

本研究で開発している「歩行空間評価システム」は、  
防犯カメラの映像を用いて歩行空間の分析をすることを  
想定する。そのため、実際の防犯カメラを想定する必要  
がある。実際の防犯カメラでは設置条件などによってカ  
メラの位置が変わるため本検証ではカメラの角度が変化  
することで歩行者の笑顔の見え方が変わり笑顔度に変化  
が生じるかを検証する。

**a) 調査概要**

調査は、2014年7月30日から8月5日の7日間で埼玉  
玉大学構内で行った。

被験者は、男女合わせて 54名を対象とした。

**b) 調査方法**

本調査では、カメラの角度を 0度 15度 20度 25度 30度  
35度 の 7つの角度で、ビデオカメラで同時観測を行  
い歩行者の表情を撮影した。被験者には、無表情(パ  
ターン I)、歯を見せない程度に微笑む(パターン II)、笑  
顔(パターン III)の 3パターンで歩行してもらう。

また、カメラの映像に歩行者の表情が入っていること  
が条件のため、カメラの設置高さを 3m (実際の防犯カ  
メラの設置高さを想定した高さ) に固定し、カメラの角  
度によって被験者とビデオカメラまでの距離を図-22の  
ように設置した。

**c) 分析概要**

分析は、0度のカメラを基準とし、各カメラの映像か  
ら数値化した歩行者の笑顔度から0度のカメラの笑顔度  
を引くことで基準化した値で分析を行った。分析には、  
分散分析を用いて、カメラの角度によって笑顔度に差が  
生じるかの分を行う。

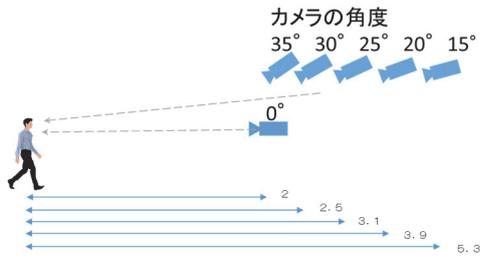


図-22 歩行者とカメラの関係

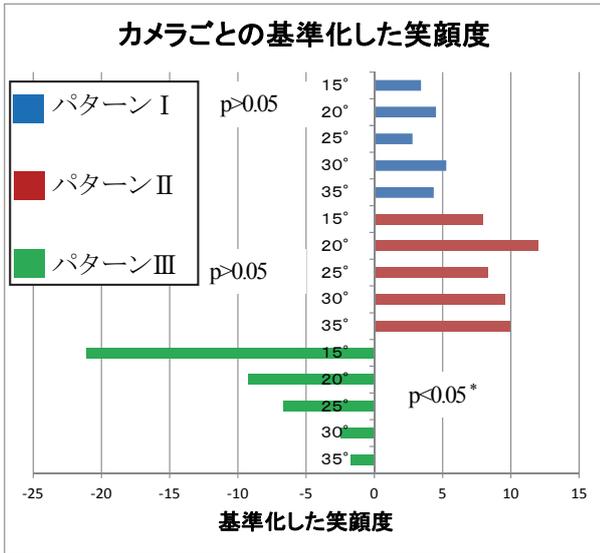


図-23 カメラごとの基準化した笑顔度

d) 分析結果

分析結果は図-23 に示す結果となった。パターン I (無表情) においては、分散分析を行った結果 P 値 0.52 となり、角度による有意差は見られなかった。笑顔度の差についても、0 度のカメラに対して、誤差は平均 4 程度となっている。無表情の歩行者に関しては、カメラの角度による誤差が生じる要因にはならないことが分かった。パターン II (歯を見せない程度に微笑む) においても、分散分析の結果は p 値が 0.91 となり有意差は見られなかった。笑顔度の差については、パターン I に比べて大きくなっており、平均 9.6 程度の差がみられる。

パターン III (笑顔) については、分散分析の結果 p 値が 0.008 となり有意差が見られた。また、笑顔度の差がパターン I パターン II に比べて負の値となっており、カメラの角度が急になっている (検出対象まで遠くなっている) と笑顔度との差が大きくなる傾向が見られた。

パターン I、パターン II においては、カメラの角度による笑顔度の差は生じないことが明らかになった。しかし、パターン III においては笑顔度に差が生じている。原因としては、本調査ではカメラの角度によって被験者までの距離が変化し、カメラの角度が 15 度の時の映像では被験者の表情が小さくなってしまふ点が考えられる。

表-4 アンケート内容

笑顔で評価することについて	歩行者の笑顔は歩行者への道路環境の影響を表していると思うか 歩行空間の質的評価に笑顔を使うことについてどのように思うか
映像を用いて評価することについて	歩行者の無作為なサンプリングが可能であることについて 歩行者にわずらわしい思いをさせずに評価可能であることについて 本システムで防犯カメラの映像を用いることについて プライバシーについての対策は十分であるかについて
「歩行空間評価システム」の使いやすさについて	システムの使いやすさについて システムが便利であるかについて 今後システムの操作ができそうかについて
解析結果の用途について	道路構造による評価ができると思うか イベントの評価に利用してみたいと思うか 他の地区との比較に利用したいと思うか

本システムでは、笑顔度の算出時に表情の変化によって数値化している。被験者までの距離が遠いと正しく数値化されない可能性がある。そのためパターン III の 15 度のカメラでは 0 度のカメラに対して笑顔度が低い値になってしまっていると考えられる。また、他のカメラでのサンプル数が 43 から 52 に対して、このデータでは 19 サンプルとデータ数が少ない数での値となっている。

検証結果としては、歩行者のが通常利用するときの表情となるパターン I とパターン II において歩行者の笑顔度に有意差が見られず角度によって笑顔度に差がないことが示された。しかし、パターン III のようなケースでの検証が不十分に終わってしまったため、今後検討する必要がある。

(5) システムの操作性に関するアンケート調査

歩行空間評価システムの開発において、開発者以外の意見を求めることが重要だと思われる。そこで本調査では、まちづくりに関する業務に携わる市の職員の方及び長期観測調査実施場所の商店街の方々に、システムの操作性についてアンケート調査を行った。

a) 調査概要

調査は、2015 年 1 月 30 日にさいたま市職員 4 名と、2015 年 2 月 13 日および 14 日に北浦和西口銀座通り商店街の方 4 名を対象に行った。市職員の方には、さいたま市庁舎において 4 名同時に行い、商店街の方 4 名には個別に訪問し調査を行った。

b) 調査方法

調査方法としては、本システムの説明と使用例について説明を行い実際のシステムの使用方法を見てもらった上で、代表の 1 名による操作を見てアンケートに回答してもらった。

調査時の質問項目として、「笑顔で評価することについて」、「映像を用いて評価することについて」、「「歩行空間評価システム」の使いやすさについて」、「解析結果のようについて」の 4 項目で実施した。

c) 調査結果

歩行空間の評価指標に笑顔を用いることについての設問の回答結果は、歩行者の笑顔は道路環境の影響を表しているか及び歩行空間の評価に笑顔度を利用することに

ついて、というどちらの設問についても、半数以上の回答者が肯定意見を持っている。この結果から、笑顔による空間評価の妥当性の認識があること、及び外形的特長による評価に抵抗がないことが考えられる。

防犯カメラの映像を使用することについての設問への回答では、ランダムサンプリングが可能であることについて及び歩行者にわずらわしい思いをさせなくてよい点については、肯定的な意見が約 9 割と、非常に高い数値となっている。このことから、本システムの目的の根幹である、ランダムサンプリングを可能にする手法であること、及び歩行者が無意識のうちに評価を行う手法であるという部分については、高い支持を受けていると考えられる。

映像を用いて評価することに関する回答結果では、約 4 割が「どちらともいえない」という意見であり、看板による告知がプライバシー保護の面から対策が十分であると思うかという設問への意見については約 6 割が「どちらともいえない」という回答となっており、プライバシーの問題になると慎重になる傾向が見られた。

システムの使いやすさに関する回答結果では、システムの使いやすさについて、システムが便利か、今後システムを操作できると思うかという設問全てにおいて、7 割以上の回答者が肯定意見となっている。一般の方の使用も考慮したシステムであるため、この結果からシステムの使用性は非常に高い結果であるといえる。

本システムの使用目的についての設問への回答結果は、道路構造の評価についての設問への回答では、「どちらともいえない」という意見が 6 割を超え消極的な意見が多くなっている。一方、オープンカフェなどのイベントについて使用に用いることや、ほかの地区との比較について使用することについては、9 割近くの回答者の回答が肯定的な意見となっている。

ヒアリング・自由記述欄の回答結果としては、アンケートと異なり、笑顔の要因が何かかわからないや、沿道店舗の影響が大きいなど要因があげられた。

## 6. まとめ

### (1) 本研究のまとめ

本研究では、前年度までの成果を踏まえ、笑顔による歩行空間妥当性について検証するとともに、歩行空間評価システムの改良を行った。

まず、3 章では、54 箇所の街路歩行空間を観測した結果から、歩行空間の構造、及び交通状況を各地点の平均笑顔度の変動要因として重回帰分析を行い、車道上の自転車通行空間があること、沿道に花屋、中型商業施設があることが、歩行者の笑顔度を有意に高めていることを

見出した。これらの要因は、街路歩行空間において歩行者の笑顔度に影響を与えるものとして考慮すべき指標となると考えられる。4 章では、防犯カメラを利用した実用化を想定した長期観測によって得られたデータを用いて、時間的変化を伴う要因が笑顔度に影響を与えるかについて分析を行った。その結果、交通量に関しては複数で歩いている歩行者や車両台数が歩行者の笑顔度に影響を与える要因となっていることが示唆された。また、歩行者は天気などの気象条件や、曜日などの日サイクルによる影響によっても笑顔度が影響されることを考慮する必要性が示唆された。

5 章では、まず、システムの設定閾値と顔の誤判別確率の関係について検証するとともに、誤判別されたものについての検証、及び、歩行者の補足率の検証を行った。また、歩行空間を撮影するカメラの角度と笑顔度の算出結果についても検討を行った。設定閾値と誤判別の関係については、オムロン社の推奨値を使用した場合、多くの地点で検出結果が正しく笑顔を判別している割合は 90%を超え、信頼できる数値となった。しかしながら、道路構造などを笑顔として誤判別し、観測時間中繰り返し検出してしまう場合もあることに留意しなければならないことが分かった。

次に、歩行空間評価システムの改良の概要について述べるとともに、システムの簡便な操作性、及び防犯カメラを利用した実用化について、自治体の実務者、及び商店街の方々へのアンケート調査、ヒアリング調査から検証した。アンケート調査の結果からは、「歩行空間評価システム」の操作の簡便性、及び防犯カメラを利用した実用性に関しては、おおむね肯定的な評価が得られた。

### (2) 今後の課題

本研究で得られた結果から、笑顔の検出精度や、カメラの設置角度については、防犯カメラを想定した利用状況において、概ね信頼性の高い値となっているが、条件によっては誤判別による異常値が出ることも分かっている。角度については、15 度の設定では、観測対象までの距離が遠くなってしまい高い数値の笑顔の検出精度が極端に落ちることがある。また、検出精度においても道路などを多く検出してしまうケースも生じており、使用する前に条件のチェックをしっかりとする必要があるといえる。また、誤検出の多い箇所には笑顔の検出範囲を任意の場所に指定し誤検出防止の機能を加えることも対策として考えられる。さらに、現在の分析では歩行者の歩行空間の評価指標となるパラメーターが十分に抽出されているとはいえないため、今後更なる分析を行うことで要因の抽出を検討していく必要があるといえる。

謝辞：本研究は、国土交通省新道路技術会議技術研究開

発「歩行者の表情・しぐさを利用した空間評価指標についての研究開発」の一環として実施された。

#### 参考文献

- 1) 札元太一, 小嶋文, 久保田尚: 歩行者の外形的な特徴に着目した歩行環境の評価手法の提案, 土木学会論文集 D3, 67(5) 2012.
- 2) 佐藤学, 小嶋文, 久保田尚: 歩行者の笑顔に着目した歩行空間評価指標に関する研究, 土木学会論文集 D3 特集号 No70, No.5 (土木計画学研究・論文集第 31 巻), I\_889-I\_905, 2014.
- 3) 佐藤学, 野口弘毅, 小嶋文, 久保田尚, 歩行者の笑顔に着目した歩行空間評価指標に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.50, CD-ROM, 2014.
- 4) 鈴木雄高, 日比野直彦, 毛利雄一, 兵藤哲朗: ビデオ画像を用いた歩行者挙動分析に関する考察, 第 21 回交通工学研究発表会論文報告集, 2001.
- 5) 谷口綾子, 香川太郎, 藤井聡: 商店街における自動車交通が歩行者に及ぼす心的影響分析, 土木学会論文集 D, vol.65, 2009.
- 6) Mehrabian, A., *Silent messages*, Oxford, England, 1971.
- 7) P.エクマン, W.V.フリーゼン: 表情分析入門—表情に隠された意味をさぐる, 誠信書房, 1987.

(2015. 7. 31 受付)

## Development of “Evaluation System of Walk Space “Using a Smile

Akira SEKIGUCHI, Aya KOJIMA, and Hisashi KUBOTA

The evaluation methods for walk spaces have not been well established. This study establishes the evaluation method of walk space that focuses on the smile of pedestrian. Further aim to develop an “Evaluation System of Walk Space”. Currently, the system that uses the security cameras have been devised, but it is not put to actually use. I conducted a verification of the system of detection accuracy, and analyzed factors of the walk environment from multiple perspectives. In addition, the “Evaluation System of Walk Space “which was developed has been evaluated using a questionnaire.

As a result, system was proved to be highly reliable system, and a change in the weather has been shown to affect the pedestrian. Also questionnaire shows utility of using smile.