

道路政策の質の向上に資する技術研究開発
成 果 報 告 レ ポ ー ト
N o . 2 4 - 5

研究テーマ

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

研究代表者： 埼玉大学教授 久保田 尚
共同研究者： 埼玉大学助教 小嶋 文

平成 2 7 年 7 月

新道路技術会議

目次

研究概要（様式 3 を挿入）	3
第 1 章　はじめに	5
1.1　研究の背景	5
1.2　研究の目的	5
1.3　研究の構成	5
第 2 章　既存研究における歩行空間の評価，及び，表情・しぐさと感情の関係	7
2.1　歩行空間の評価	7
2.2　笑顔と心理の関係に関する研究	7
2.3　生体反応を用いた心理状態の検討	8
第 3 章　歩行者の笑顔，しぐさと，歩行者意識の関係に関する検討	9
3.1　研究方法	9
3.2　歩行者の心理と可視的特徴に関する構内実験	10
3.3　まとめ	13
第 4 章　歩行者笑顔度算出システムの検討	14
4.1　研究の目的	14
4.2　歩行者笑顔度算出システム	14
4.3　防犯カメラを想定した構内実験	15
4.4　歩行者笑顔度算出システムの開発に関するまとめ	18
第 5 章　多様な街路において笑顔度を变化させる要因の抽出	19
5.1　はじめに	19
5.2　オープンカフェにおける笑顔度の要因分析	19
5.3　多様な街路による笑顔に影響を与える要因の検証	20
5.4　まとめ	23
第 6 章　長期観測による笑顔度を变化させる要因の抽出	25
6.1　実道路長期観測実験による笑顔度への要因分析	25
6.2　防犯カメラを利用した実用化を想定したプロセスの試行	25
6.3　まとめ	27
第 7 章　歩行空間評価システムの開発と検証	29
7.1　「歩行空間評価システム」の開発	29
7.2　システム精度の検証	29
7.3　システムの操作性に関するアンケート調査	32
7.4　まとめ	33
第 8 章　本研究のまとめ	34
8.1　本研究のまとめ	34
8.2　課題と展望	34

「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成 24 年度採択)
研 究 概 要

番号	研究課題名	研究代表者
No.24-5	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	埼玉大学 教授 久保田 尚

歩行者の心理を正確に反映した街路歩行空間の評価手法を確立するため、外部から観察可能な歩行者の笑顔の評価基準とする指標を確立し、その指標を用いて映像解析技術から自動的に指標値を算出するシステムを提案する。

1. 研究の背景・目的 (研究開始当初の背景・動機、目標等)

歩行者の安全やまちの賑わい創出に向けて、街路において歩行空間の改善、及び歩行者優先・専用空間整備の必要性が認識されてきている。道路のオープンカフェ化はその代表的な例である。しかし、こうした整備について試行の件数は増えているものの、本格実施に至る例は少数にとどまっている。その理由の一つに、歩行空間を対象とした計画の評価手法が確立されていないことが挙げられる。

本研究は、歩行者の心理を正確に反映した街路歩行空間の評価手法を確立するため、外部から観察可能な歩行者の笑顔や行動を評価基準とする指標を確立し、その指標を用いて映像解析技術から自動的に指標値を算出するシステムを提案することを目的とした。

2. 研究内容 (研究の方法・項目等)

2-1 笑顔の心理プロセスに関する理論の検討

心理学分野の既存研究から、表情と感情の関係に関する研究をレビューし、歩行者の笑顔による歩行空間の可能性について検討した。

2-2 多様な街路の観測及び街路の長期観測による笑顔度への要因分析

1)多様な街路の観測による笑顔度への要因分析

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、駅前の街路を対象とし、54箇所の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った。さらに、近年整備が進んで、車道上の自転車通行空間に着目し、歩道空間の質への影響について検討を行うこととした。

2)長期観測による笑顔度への要因分析

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った。時間とともに変化する歩行環境とは、時刻、天候、日付などが考えられ、今回これらの要因の分析を行うために、さいたま市内の商店街に協力を得て、1ヶ月の長期観測を行い、分析を行った。

2-3 歩行空間評価システムの開発

「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、街路歩行空間の評価の要因となる情報を登録できるシステムとして、システム画面上のボタン操作や文字入力で操作できる、簡便な操作性を備えたシステムを開発した。

システムの簡便な操作性を評価するにあたり、開発者以外の意見を求めることが重要であることから、まちづくりに関わ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、及びヒアリング調査を行った。

また、システムの利用にあたり、表情の誤判別等の傾向、及び必要サンプル数について、2-2で得たデータから検証を行った。

3. 研究成果 (図表・写真等を活用し分かりやすく記述)

3-1 笑顔の心理プロセスに関する理論の検討

心理学分野の既存研究から、歩行者の笑顔による歩行空間の可能性について示した。

3-2 多様な街路の観測及び街路の長期観測による笑顔度への要因分析

1) 多様な街路の観測による笑顔度への要因分析

駅前の街路歩行空間を54箇所観測した結果から、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。

自転車通行空間に着目した分析について、2地点における整備の事前事後の結果からは、整備による笑顔度向上の一貫した結果は得られなかった。要因として、車道上の自転車通行空間整備後も、歩道上の自転車の交通量が減少しなかったことが考えられた。一方、自転車通行空間が整備された複数の地点を対象として分析すると、歩道内を通行する自転車の量が大きくなると笑顔度が下がる傾向が見られるとともに、歩道の有効幅員が広い場合には、自転車は歩道を走行する割合が高い結果が見られた。このことから、自転車通行空間の整備のみでは、歩行空間の質の向上が望めない場合もあることが示唆される。これらのことから、歩行空間改善効果の検討に利用する場合には、複数の指標を考慮にいれて検討することが必要であると考えられる。

2) 長期観測による笑顔度への要因分析

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、時間的变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。

3-3 歩行空間評価システムの開発

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。

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。

4. 主な発表論文（研究代表者はゴシック、研究分担者は下線）

佐藤学，星野優希，小嶋文，久保田尚，歩行者の表情・しぐさに着目した歩行空間の評価指標に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.48，CD-ROM，2013.

佐藤学，星野優希，小嶋文，久保田尚，歩行者の表情・しぐさに着目した歩行空間の評価手法に関する研究，土木学会論文集D3，Vol.70，No.5，pp. I_889-I_905，2014.

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.

関口彰，小嶋文，久保田尚，笑顔を用いた「歩行空間評価システム」の開発，土木計画学研究・講演集，Vol.52，CD-ROM（2015年11月発表予定）

5. 今後の展望（研究成果の活用や発展性、今後の課題等）

特定の場所で誤検出が多くなってしまう傾向があることから、使用する前に道路条件のチェックをする必要があり、また、誤検出の多い箇所がある（顔として誤判別されてしまうような、道路上の施設があると分かっている場合）には、撮影範囲から笑顔の検出範囲を任意の場所に指定するなど、誤検出防止の機能を加えることが対策として考えられる。今後、以上のような改良を加えた上で、各地の街路空間の質の維持、改善の評価に用いることが考えられる。

6. 道路政策の質の向上への寄与（研究成果の実務への反映見込み等）

- ・各自治体において、このシステムを歩行者空間として整備する場所、歩行空間の質を維持する場所に設置し、歩行空間の評価に利用することが考えられる。
- ・各地に設置したシステムで蓄積されたデータを、さらに統合し、国、大学等の研究機関で検証することで、街路空間のデザインコードの検討を行うことが考えられる。

7. ホームページ等（関連ウェブサイト等）

なし

第1章 はじめに

1.1 研究の背景

近年、歩行者の安全やまちのにぎわい創出に向けて歩行空間の改善、および歩行者優先・専用空間整備の必要性が認識されてきている。その代表的な例として、都市中心部のモール化や道路のオープンカフェ化といった社会実験が行われている。この時、自動車や歩行者などの空間に対する評価というものが非常に重要である。

現在は、歩行者へのアンケート調査や、歩行者交通流のサービス水準を算出する評価¹⁾²⁾経路選択行動を分析する手法³⁾等が用いられている。しかしながら、アンケート調査にはランダムサンプリングが困難であることや、その場でアンケートに回答することへの被験者の心理的負担、郵送の場合、帰宅後の回答では反芻したイメージの回答となってしまう、といった問題点がある。また、調査のための費用や労力も膨大なものであり、調査対象数が限定される要因のひとつとなっている。また、サービス水準に関しては、歩行者の交通量と幅員から歩行の自由度を表しているものであり、街路においてはその他多くの要因を考慮することが必要で考えられる。さらに、歩行者は行動に制約が少なく、思うがまま、気ままといった心理に左右されることが多いと考えられるため、経路選択行動が複雑となり、大量の歩行者が歩行する空間においては、歩行者流動の実態を捉えることが困難であると考えられる。

こうした評価手法の欠如は「費用対効果で高い評価が得られない事業は公共事業として成立しない」という原則のもと、歩行空間整備が進まない状況を生み出している要因の一つであると考えられる。また、沿道等の地域住民から合意を得る段階においても、歩行空間の整備による効果を示すことができることが重要であると考えられる。

そこで、新たな評価手法として、評価対象空間を歩行する全歩行者から協力意思の有無に関係せず得ることができる、歩行者の笑顔に着目した研究が行われている。既存研究⁴⁾では、歩行者にとってより快

適であると予想される歩行者天国時の方が、通常時と比較して笑顔度が高くなることが示されている。しかしながら、歩行者心理と笑顔度の関連性の検証は行われていなかった。

1.2 研究の目的

本研究では、歩行者の表情、しぐさといった可視的特徴に着目し、歩行者心理と可視的特徴の関連性の検証を行い、実道の歩行者から得られる可視的特徴を用いて、空間の評価を行うことを通して、歩行者の可視的特徴を用いた新たな評価手法を確立することを目的とする。

さらに、近年の画像処理技術の進展により、機械的に人の笑顔の度合いを数値化するセンサーが開発されていることに着目した。このセンサーを用いて「歩行者笑顔度算出システム」を開発し、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ことで、上記の指標を用いて簡便に評価を行うための「歩行空間評価システム」を開発することを目的とした(図 - 1)。

1.3 研究の構成

本研究の構成について説明する。

2章においては、既存研究から、歩行空間の評価、及び、表情・しぐさと感情の関係についての知見を述べる。

3章では、歩行者の笑顔、しぐさと、歩行者意識の関係に関する検討について、被験者を用いた構内実験の結果を述べる。

4章では、笑顔による歩行空間評価システムの開発準備として、「歩行者笑顔度算出システム」を開発し、その利用について検討した結果を述べる。

5章では、開発した「歩行者笑顔度算出システム」を用いて、多様な街路において笑顔度を変化させる

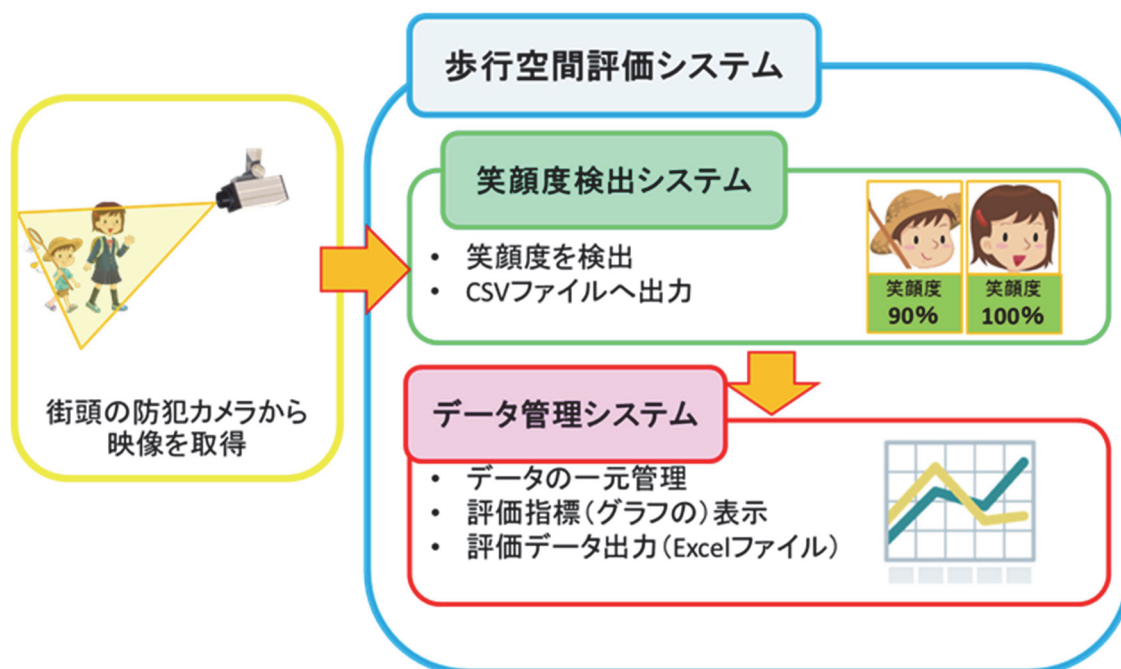


図 - 1 歩行空間評価システムを用いた街路の評価のイメージ図

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。

6 章では、さいたま市内の商店街における長期観測から、時間変化を伴う、街路の笑顔度に影響する要因について検討した結果を述べる。埼玉県内の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。

7 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。

第2章 既存研究における歩行空間の評価, 及び, 表情・しぐさと感情の関係

2.1 歩行空間の評価

心理学の分野では、「しぐさと心理」の関係や、人間の表情と心理状態との密接な関係について報告がされているが^{5),6)}、しぐさにおいては、いずれの研究においても被験者を座らせた状態で実験しているものが多くあり、しぐさの分析項目として用いられているものは上半身で観測されるしぐさであった。そのため、歩行空間等の外部空間を対象とした研究は見当たらない。

Gehl⁷⁾は、屋外での人間の活動をつぶさに観察することで、「質の悪い空間ではごくわずかな最低限の活動(=必要活動)しか起こらない。しかし、質の良い空間では幅広い活動(=必要活動+任意活動あるいは社会活動)が行われる。」という考えを示している。しかし、この研究では、行動と空間との関係が詳細に分析されるに留まっており、空間の評価手法の開発には至っていない。

2.2 笑顔と心理に関する研究

人の笑顔と感情に関する研究は、ダーウィンにさかのぼることができる⁸⁾。ダーウィンは、表情が学習や文化によるものではなく、基本的に遺伝するものであり、その証拠として、意図的にコントロールできないものがあること、盲人でも同じような表情を浮かべることをあげている。一方で、ダーウィンは仕草や表情が学習によるものもあると認めている。また、表情を見分ける能力については、意識的な分析をしなくても相手の感情が理解できること、発達心理学的な分析からほぼ生得的と考えてよい、と述べている。

エクマンとフリーセン⁹⁾の実験によれば、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」という結果が得ら

れており、歩行者の「笑顔」を分析することにより、歩行者による歩行空間の質の評価を反映した指標を得られる可能性を示している。

Russel⁹⁾は、表情から感情を読み取れるのかに着目して、多くの文献調査をおこなった上で、「幸せ」な表情は他の感情よりも、表情によって文化を越えて認識されると述べている。

実際のレベルにおいても、表情と感情に関する研究は、医療や子どもの発達の分野において多く研究が行われている(たとえば、Jaeger et al.¹⁰⁾; Phillips et al.¹¹⁾; Kawakami et al.¹²⁾)

このような背景のもと、札幌ら⁴⁾は、人の笑顔度を数値化するシステム、スマイルスキャン(OMRON Corporation^{13), 14)})を用いて歩行者の笑顔度を数値化し、歩行者にとってより快適であると予想される歩行者天国時の方が、通常時と比較して笑顔度が高くなることが示されている。しかしながら、歩行者心理と笑顔度の関連性の検証は行われていなかった。

スマイルスキャンは、窓口業務に携わる人がトレーニングに用いることを主な目的とした商品であるが、この笑顔度の数値化の機能は、異なる分野の研究にも用いられている。久間らは、ホビーロボットの効果に関する研究において、介護を必要としている高齢者がホビーロボットを使用することにより、笑顔度が上昇するという結果を得ている。白井ら¹⁶⁾は、認知症の患者への介入について、介入する人が笑顔で接することで、対象者の笑顔度が向上することを、スマイルスキャンを用いて分析している。

以上のことから、歩行者の笑顔を自動で分析することができれば、歩行者の心理を反映した、街路空間の評価を行う、簡便なツールとなることが期待できると考えられる。

2.3 生体反応を用いた心理状態の検討

近年、被験者の心理状態を理解するために、生体反応あるいは自律神経系（ANS）の反応が利用されている。Collet et al.¹⁷⁾は、幸福のような被験者の基本的感情と、皮膚電位、表皮抵抗、皮膚血流、皮膚温および瞬間的な呼吸頻度といった6つのANSパラメーターとの関係を検証した。彼らは、特定のANSパターンが個々の基礎的な感情に関係していることを発見した。Sequeira et al.¹⁸⁾は、皮膚電位（EDA）に関する研究を再検討し、EDAが情緒過程を研究するための強力なツールとなる可能性があるとの結論を下した。研究者の中には、公共空間の人々あるいは道路利用者の精神状態を評価するためにANS反応を適用した人もいた。Hussein et al.¹⁹⁾は、EDAを用いて、交差点を横断する高齢者のストレスを観察した。以上のように、被験者の心理状態を理解するための皮膚電位に関する研究は数多く行われている。

以上の知見をもとに、本研究においても、歩行者の笑顔、しぐさと心理の関係に関する分析において、生体反応を利用して、その関係を探ることとする。

第3章 歩行者の笑顔，しぐさと，歩行者意識の関係に関する検討

3.1 研究方法

本章では，歩行者の心理と歩行者の表情やしぐさといった可視的特徴との関連性について分析するため，被験者を用いた構内実験および実道実験を行った．

その後，被験者を用いた実験で示された評価指標項目が，実道の歩行者に対しても有効であるのかを検証するため，実道において歩行者の観測を行い，表情やしぐさの分析を行った．

(1) 被験者を用いた構内実験および実道実験

歩行者の心理状態をアンケート調査と皮膚電位計を用いたストレス調査の二方面から，歩行者の表情やしぐさといった可視的特徴をビデオカメラの撮影によって分析・比較した．

ストレス調査に用いた皮膚電位計は，汗腺活動の電位差を観測する測定器で図 - 2に示す．皮膚電位水準（SPL）は精神的緊張，つまりストレスを感じている時は陰性方向に高い値をとる．この時，ストレス測定器を用いて測定したデータは，個人差による個人間の皮膚電位水準（SPL）値のばらつきを小さくするため，既存研究⁹⁾でも行われているように，実験

時間全体の被験者のSPLの最低値を0，最高値を1とする『基準化』を行ってから，分析を行った．本研究では，この値が1に近いほどストレスを感じている，と言える．このような基準化をしたSPLを以下では，基準化SPLと呼ぶ．

また，笑顔度を測定する際には，既存研究⁴⁾と同様にスマイルスキャンを用いた．スマイルスキャンとは，オムロン株式会社の製品で，顔から様々な情報を読み取るオムロン独自技術「OKAO Vision」により，検出された顔の特徴点検出から，両目の端点と口の端点の座標を特定し，表情によって変化する特徴点座標付近の特徴（目や口の形，顔のしわなど）の情報から，笑顔度合いを0～100%までの数値を出力可能な機器である¹¹⁾（図 - 3）．

分析は，ビデオカメラで撮影した映像をPC上で再生し，その画面を小型カメラを通してスマイルスキャンで読み取る，という方法で行った．本来，スマイルスキャンは，社内教育や，リハビリテーションなどに用いられており，その際は対象者の顔を小型カメラで直接撮影してスマイルスキャンで読み取っている．しかしながら，本分析の場合，「被験者の顔が数秒間しか映っていない，映っている顔が小さい，直接小型カメラで撮影することは困難」といった問題がある．よって本来の使用方法では調査が難しいため，あらかじめビデオカメラで撮影した映像をPC

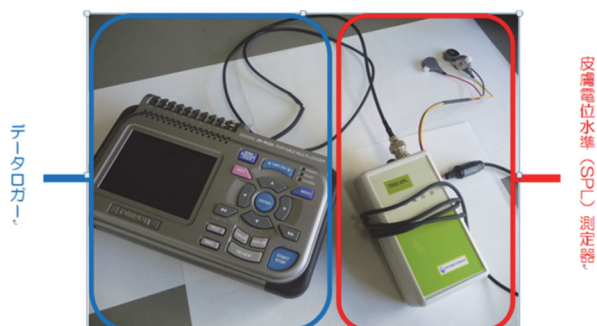


図 - 2 皮膚電位水準（SPL）測定器 および データロガー



図 - 3 オムロン表情解析センサー「OKAO Vision」（出典：オムロンウェブサイト¹²⁾）

画面上で0.125倍速のスロー再生、ズームアップ再生を用いることとした。各被験者につき10秒ずつスマイルスキャンにかけ、その10秒間における笑顔の平均値【平均笑顔度】ならびに10秒間のうちの笑顔の最大値【最大笑顔度】の2項目を分析項目として使用した。これを図に表すと、図 - 4のとおりである。

着目する歩行者のしぐさについては、参考文献^{5),6)}をもとに、歩行者の心理と密接に関係している可能性が高いと考えられるものを複数選出し、観測中によく見られた特徴的なしぐさは随時、項目に追加した。まず、プラスのしぐさに分類した項目について述べる。物の形状や大きさを示すなど、しぐさ自体が何らかの意味をもっている表象的身振りやリズム的な要素しかもたないビートに関しては、会話の内容がより具体的に伝わっていることを相手に伝える際に頻繁に観察できると考え、相手の顔を見ること、相手に触る、うなづくといった項目は、友好的な相手に多く観察できると考えたため、プラスのしぐさに分類した。

次に、マイナスのしぐさに分類した項目について述べる。マイナスのしぐさに分類したものの多くは、顔を使った行動である。人がストレスを感じた時、ストレスをなだめて気を静めようとする際には、顔を使ったしぐさが多く観察されるため、マイナスのしぐさに分類した。また、腕組みには不安や緊張、警戒心などを感じた際に体の全面を何かで隠すと守られた感じがあって安心するといった意味を持つことが多いしぐさであるため、マイナスのしぐさに分類した。ここで、カウントの単位は秒とし、選出したしぐさ項目が行われた秒数を集計した。更に、しぐさの項目を、落ち着いた状態を示すマイナスのしぐさと、リラックスした状態を示すプラスのしぐさに分類し（表 - 1）、カウントした秒数を点数化した。なお、総歩行秒数は各被験者によって違うことから、点数を一般化するためカウントして集計した秒数を総歩行秒数で割って100をかけたものを点数とした（式(1a)）。

$$\text{点数} = (\text{集計秒数} \times 100) / \text{総歩行秒数} \quad (1a)$$

(2) 実道における歩行者観測

本研究は将来的に『理論的には、対象地区における全歩行者が評価対象者となる』ことを目標としているため、実際にサンプルを実道のすべての歩行者



図 - 4 笑顔度分析方法

として、ビデオカメラを用いて可視的特徴の観測実験を行った。映像を基に、実道歩行者の笑顔およびしぐさの二項目を前述の被験者を用いた実験の結果を参考に、分析した。

3.2 歩行者の心理と可視的特徴に関する構内実験

(1) 実験概要

実験は、2012年10月24日から11月27日に埼玉大学構内にて行った（図 - 5）。埼玉大学構内を表 - 2の設定条件下で埼玉大学の大学生24名（男性11名、女性13名）を被験者とした。歩行者の心理状態にばらつきを持たせるため、楽しい話を聞きながら歩く群、悲しい話を聞きながら歩く群という設定条件を課した。このとき、話し相手との対人関係による影響を最小限にするため、全ての被験者について、友人同士でペアを組んでもらい、会話しながら歩行してもらった。

既存研究⁴⁾で用いられ有意であった項目、笑顔度と関連が強いと思われる項目および対人認知研究においてよく用いられている49項目のうち、歩行者の幸福度に関連性が強いと思われる項目を本研究で採用した（表 - 3）。さらに、笑顔度を測定する際に用いるスマイルスキャンの整合性を確かめた。これにより、歩行者の表情・しぐさが歩行者心理を正確に捉えているかを明らかにする。なお、各被験者には、

表 - 1 着目する歩行者のしぐさの項目

マイナスのしぐさ (-)	プラスのしぐさ (+)
頭や髪への接触	表象的身振り
目の周辺への接触	ビート
鼻への接触	相手の顔を見る
口を触ったり、覆う	相手に触る
顎への接触	うなづく
服や体への接触	
指への接触	
腕組み	



図 - 5 歩行者の心理と可視的特徴に関する構内実験時の様子

表 - 2 被験者設定条件

群	人数	設定条件
明るい話群	8名	明るいことを連想させる内容について話しながら歩いてもらう。
暗い話 (偽笑顔)群	8名	暗いことを連想させる内容について話しながら歩いてもらう。
暗い話 (設定無)群	8名	表情については、特に設定はしない。

表 - 3 アンケートに用いる心理尺度項目

番号	心理尺度項目
1	不安な—安心な
2	不快な—快い
3	暗い—明るい
4	緊張した—リラックスした
5	不幸な—幸福な
6	不自由な—自由な
7	不活発な—活発な

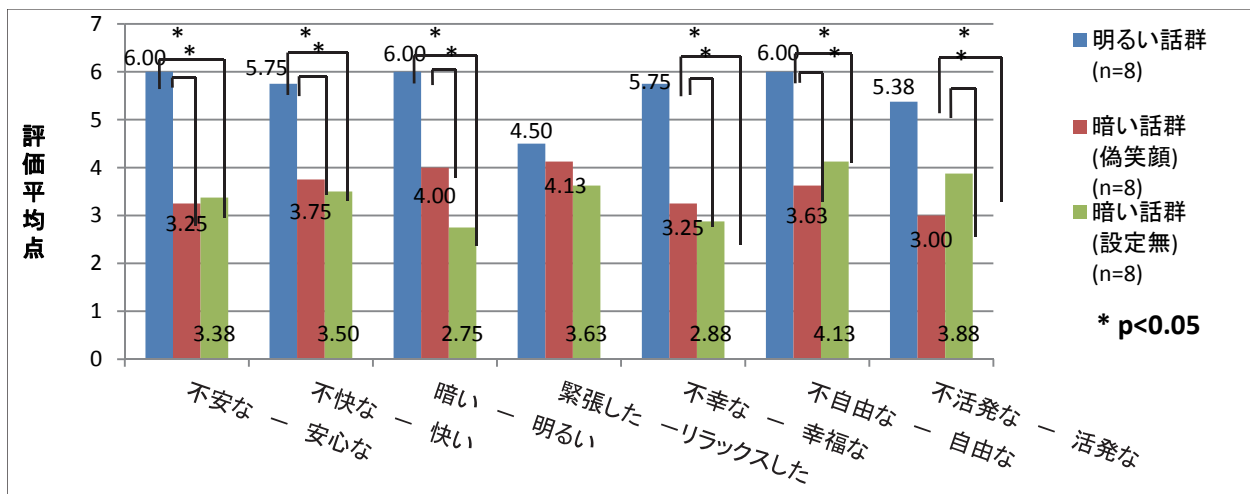


図 - 6 心理尺度別平均値の集計結果

表 - 4 心理尺度別標準偏差

群	標準偏差 不安な—安心な	標準偏差 不快な—快い	標準偏差 暗い—明るい	標準偏差 緊張した—リラックスした	標準偏差 不幸な—幸福な	標準偏差 不自由な—自由な	標準偏差 不活発な—活発な
明るい話群	1.069	1.389	1.069	1.309	1.035	1.414	1.302
暗い話 (偽笑顔)群	1.165	0.886	1.309	2.232	1.389	1.506	1.690
暗い話 (設定無)群	1.302	1.309	1.488	1.685	0.991	1.553	1.126

歩行実験前にスマイルスキャンで笑顔度の判定を受けてもらい、自身の平均笑顔度および最大笑顔度がどの程度のものであるか認識してもらった。

(2) 分析結果

a) アンケート分析

各群における心理尺度別平均値の集計結果を図 - 6に、心理尺度別標準偏差を表 - 4に示す。集計結果は、明るい話群のほうが、暗い話をしていた群に比べて、すべての心理尺度項目で高い値を示した。また、平均値の差の検定の結果、意識的に表情を変えろという条件を出した暗い話（偽笑顔）群と暗い話

（設定無）群の間には有意な差が見られず、作り笑顔をしていても心理状態に変わりはない、という結果がでた。また、「緊張した—リラックスした」の項目に限って、平均値にはあまり差が見られず、検定においても有意差は認められなかった。よって、実験時の各群における緊張度合いに差はなかったといえる。

b) ストレス分析

各群におけるストレス平均値の集計結果を図 - 8に、心理各群におけるストレス平均値の標準偏差を表 - 6に示す。表情に条件を設けなかった暗い話（設定無）群がやや高いストレスを感じているという結果を得た。

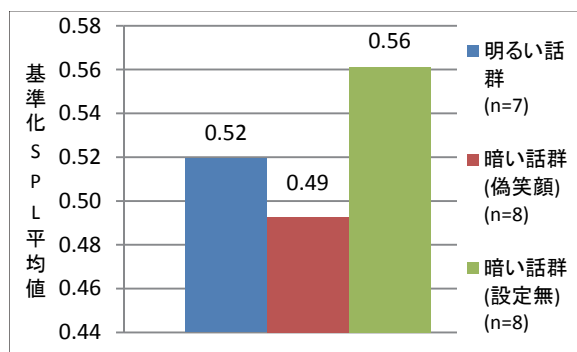


図 - 8 各群におけるストレス平均値の集計結果

表 - 6 各群におけるストレス平均値の標準偏差

群	標準偏差
明るい話群	0.112
暗い話(偽笑顔)群	0.078
暗い話(設定無)群	0.179

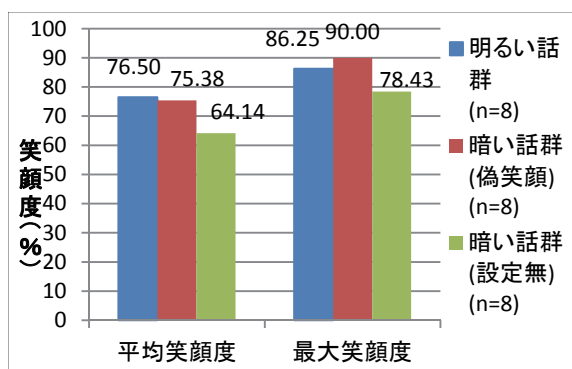


図 9 各群における笑顔度平均値の集計結果

表 - 7 各群における笑顔度平均値の標準偏差

群	標準偏差 ＜平均笑顔度＞	標準偏差 ＜最大笑顔度＞
明るい話群	22.22	19.27
暗い話(偽笑顔)群	24.74	17.63
暗い話(設定無)群	36.17	27.80

c) 笑顔度分析

各群における笑顔度平均値の集計結果を図 9 に、各群における笑顔度平均値の標準偏差を表 - 7 に示す。集計結果は、平均笑顔度と最大笑顔度のいずれも、楽しい話を聞いた明るい話群もしくは悲しい話を聞いても偽りの笑顔をした暗い話（偽笑顔）群が高い笑顔度を示しているが、平均値の差の検定の結果、いずれの群間においても有意差は見られなかった。

しかし、これは、実験する際に偽の実験目的を設定してしまったことが原因である可能性がある。本調査の真の目的は、被験者の心理尺度と笑顔度およびしぐさの比較をすることで、人の笑顔・しぐさが

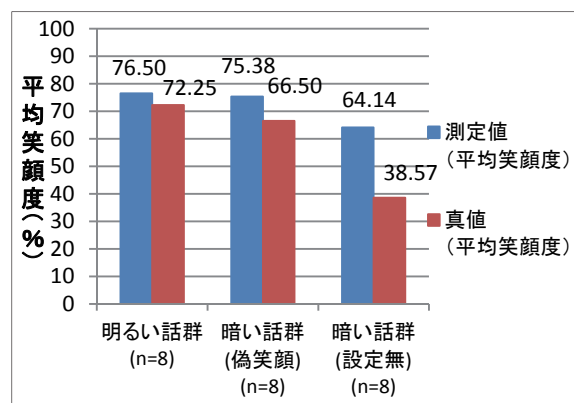


図 - 10 各群における笑顔度平均値の集計結果

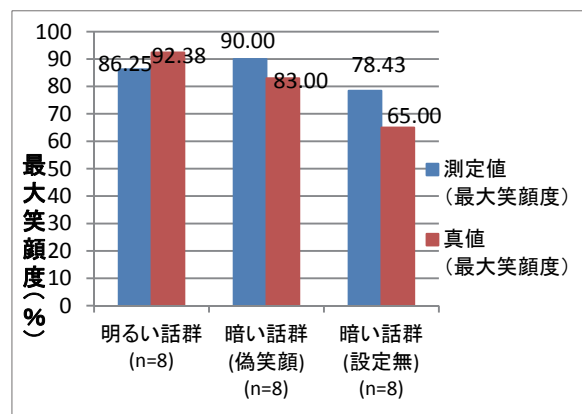


図 - 7 各群における笑顔度平均値の集計結果

表 - 5 各群における笑顔度平均値（真値）の標準偏差

群	標準偏差 ＜平均笑顔度 (真値)＞	標準偏差 ＜最大笑顔度 (真値)＞
明るい話群	18.26	9.66
暗い話(偽笑顔)群	24.10	24.24
暗い話(設定無)群	13.14	16.07

感情をどの程度、正確に捉えているかを明らかにすること、および笑顔度を測定する際に用いるスマイルスキャンの整合性を確かめることであるが、本実験では、特に、内容とは正反対の表情、つまり、笑みを浮かべながら歩行してもらう暗い話（偽笑顔）群の8名に対して、聞き手（真の被験者）が話し手（偽の被験者）を元気づける手法として、笑顔が有効手段となり得るか検証するために話し手の表情を撮影するといった偽の実験目的を設定した。これにより、被験者自身が被験者であると思うことなく、ビデオカメラを気にする割合が減る効果を期待したためである。

しかしながら、聞き手（真の被験者）が自身が撮影されているとは思わなかったために、話し手の方ばかりに顔を向ける、つまり、ビデオカメラに対して側面を向けたまま実験が終了してしまうことがあり、被験者の正面の映像があまり撮影できず、瞬間

的な表情しかスマイルスキャンで測定できなかった被験者もいる。さらに、日向では顔の凹凸がスマイルスキャンの画面上で曖昧になり、精度が落ちることも確認された。

d) 笑顔度の整合性分析

スマイルスキャンの整合性を確かめるために、被験者自身の笑顔度評価（以下、真値と呼ぶ）を実験終了後に各被験者に尋ねた。各群における測定値および真値の集計結果を、平均笑顔度の場合を図 - 10 に、最大笑顔度の場合を図 - 7 に、各群における笑顔度平均値（真値）の標準偏差を表 - 5 にそれぞれ示す。スマイルスキャンによる笑顔度の測定値と真値との整合性を確かめるために、平均笑顔度と最大笑顔度のそれぞれにおいて平均値の差の検定を行った。

平均笑顔度および最大笑顔度のいずれも有意差は見られず、上述のようにスマイルスキャンの問題はあったが、被験者自身の笑顔度評価とスマイルスキャンの測定値に整合性があるという結果を得た。

e) しぐさ分析

各群におけるしぐさの点数平均値の集計結果を図 - 11 に、各群におけるしぐさ点数平均値の標準偏差を表 - 8 に示す。集計結果は、表情に条件を設けて暗い話をしていた暗い話（偽笑顔）群が特に落ち着かない様子を示している。また、暗い話（設定無）群においても、明るい話群と比べて、落ち着いていない様子が確認できた。

比較・分析したが、笑顔度の分析結果では、楽しい話を聞いた明るい話群もしくは悲しい話を聞いても偽りの笑顔をした暗い話（偽笑顔）群が高い笑顔度を示したものの、平均値の差の検定の結果、いずれの群間においても有意差は見られなかった。笑顔度による評価は、偽の笑顔と真の笑顔との違いは区別ができないことが示唆された。楽しい話を聞いた群と悲しい話をした群間において、笑顔度に有意な違いが結果が得られなかったことについては、その理由の一つとして、故意に設定した心理状態が、正確に作用していたかどうか疑わしかった、ということがあげられる。前提条件である心理状態の設定がうまく作用しないことで、比較がうまくいかなかった可能性がある。しかし、一方で、笑顔・しぐさのいずれにおいても、心理状態の違いと関連している傾向は見られ、新たな評価指標の可能性をうかがうことができた。

3.3 まとめ

歩行者の心理と可視的特徴に関する構内実験では故意に作り出した心理状態と歩行者の外形的特徴を

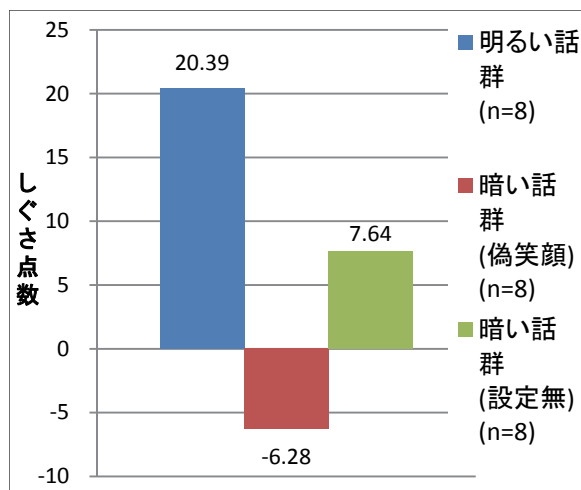


図 - 11 各群におけるしぐさ点数平均値の集計結果

表 - 8 各群におけるしぐさ点数平均値の標準偏差

群	標準偏差
明るい話群	30.72
暗い話(偽笑顔)群	88.24
暗い話(設定無)群	36.36

第4章 歩行者笑顔度算出システムの検討

4.1 研究の目的

本章では、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し、「歩行者笑顔度算出システム」を開発し、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」を開発するための検討を目的とする。

4.2 歩行者笑顔度算出システム

(1) 笑顔度算出システムの概要

歩行空間評価システムで用いる笑顔度検出システムには、前章の研究で利用された、オムロン株式会社の「スマイルスキャン」と同様に、オムロン株式会社の技術である顔認識センサー「OKAO Vision」が搭載されている。このOKAO Visionにより、目じりの下がり方や口の形、顔のしわなどの情報を読み取ることで、歩行者の笑顔度を0～100%の数値にして出力している。

スマイルスキャンは、主に接客教育等に使用される、笑顔トレーニング機器であることから、検出対象は最大で2人、1回の測定時間は最大で60秒という制限があった。また、カメラの正面に向かった顔を検出することを想定しているため、歩行者の顔をシ

ステムで認識するためには、動画をスロー再生した上で歩行者の顔をズームアップする必要があった。これらの制限は、街路を継続的に観測して評価する上で不都合があったことから、本研究開発で作成した笑顔検出システムは、長時間の映像から複数人の顔を検出し、笑顔度測定を行うことが出来るシステムとした。

動画を笑顔度検出システムで解析すると、検出した顔に自動で振られるID番号、笑顔度、推定年齢、推定性別、検出時間が1行のデータとして保存される。さらに、検出された各顔の画像がJPG形式で保存され、データにはそれらの画像ファイル名も付加される。

表-9に、笑顔度検出システムにより書き出されるデータのサンプルを示す。1行目は検出された顔のID番号となり、トラッキングにより同一人物と見なされる場合は同一の番号が振られる（いったんトラッキングが途切れ、もう一度同一人物の顔が検出されても、システム上同一人物と扱われることはなく、別のID番号が振られる）。推定回数には、同一ID番号において笑顔度を検出した回数が記載される。検出時間には、動画を再生し始めてからかかった時間が1,000分の1秒単位で記載される。

また、本研究では、どのような顔が検出されて、その笑顔度が数値化されているのかの検証を容易にするため、上記の数値とともに、検出された顔の画像が表示されるhtmlファイルを作成するシステムと

表-9 歩行者笑顔度算出システムにより書き出される CSV データサンプル

ID 番号	推定回数	性別	年齢	笑顔度	検出時間	画像ファイル名
0	1	男性	40	3	00:00:07.589	DetectImage¥0¥ID000000_T0000_G1_Y040_S003.jpeg
1	1	女性	45	44	00:00:07.666	DetectImage¥1¥ID000001_T0000_G0_Y045_S044.jpeg
2	1	男性	51	4	00:00:08.270	DetectImage¥2¥ID000002_T0000_G1_Y051_S004.jpeg
2	2	男性	62	5	00:00:08.605	DetectImage¥2¥ID000002_T0001_G1_Y062_S005.jpeg
3	1	男性	51	0	00:00:07.632	DetectImage¥3¥ID000003_T0000_G1_Y051_S000.jpeg

した。この機能を用いて、誤検出（顔ではないものを顔として認識すること）の確認も行った。

(2) 笑顔検出システムの動作性の検証

新たに用いる笑顔検出システムの動作性を確認するために、既存研究¹⁾と同様、通常時と歩行者天国時の笑顔度の比較を行った。既存研究¹⁾では、歩行者天国時の笑顔度の方が高いことが示されている。したがって、笑顔検出システムを用いて同様の結果が得られるかどうか検証を行った。

ビデオカメラは、通常時は歩道内、歩行者天国時は、歩道内とオープンカフェ空間内にそれぞれ設置した。この時、既存研究¹⁾と同様、ビデオカメラは歩行者の顔が正面から移るように水平に設置した。

a) 調査概要

調査は、2012年10月27日および2013年9月21日に大宮駅西口周辺地区の121号線（大宮停車場線）にて行った。いずれも土曜日に実施した。2012年10月27日は、特に政策が実施されていない通常時であった（図-13）。2013年9月21日は、さいたま市によって策定された「大宮駅周辺地域戦略ビジョン」のうちのひとつである「さいたまカーフリーデー」が開催されており、イベントの一環として、大宮停車場線の3路線を車両通行止めにしてオープンカフェ空間を創出するという社会実験が実施された（図-12）。調査時間は、いずれも10時から16時とした。



図 - 13 通常時の様子（大宮駅西口停車場線）



図 - 12 歩行者天国時の様子（大宮駅西口停車場線）

b) 分析結果

笑顔検出システムを用いて測定された大宮駅西口停車場線における通常時と歩行者天国時における平均笑顔度の集計結果を図-14に示す。通常時における平均笑顔度よりも歩行者天国時における平均笑顔度の方が高くなった。また、特にオープンカフェ空間内における歩行者の平均笑顔度が最も高い値を示しており、歩行者にとってより快適である空間であるほど笑顔度が高くなることがわかった。したがって、既存研究¹⁾と同様に歩行者天国時の方が笑顔度が高くなることが示されたことから、笑顔検出システムの動作性に問題はないことが示された。

4.3 防犯カメラを想定した構内実験

歩行者の笑顔度を用いて評価を行う際には、歩行者の表情が写っているビデオ映像が必須である。しかしながら、評価を行うためにビデオカメラによる歩行者観測調査を行うことは、将来的に考えて時間と労力を要することになってしまう。そこで、本研究では、防犯カメラの映像の利用に着目した。近年、街頭の防犯対策として防犯カメラが設置される事例が年々増えている。その一方で、防犯カメラは、犯罪の未然防止や速やかな認知など、犯罪の捜査や客観的な立証などに極めて有効であるが、映像が不適切に利用されて市民のプライバシー権を侵害するリスクという懸念の声も少なくない。そこで、歩行者の笑顔度を用いて歩行空間の評価を行うことを主と

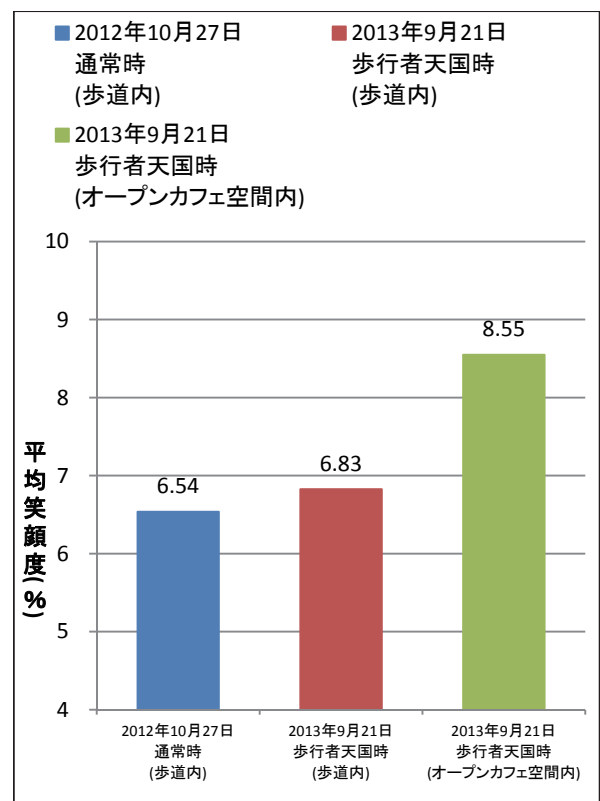


図 - 14 通常時と歩行者天国時における平均笑顔度の集計結果

し、その付随効果として、防犯の役割を果たすことで、街頭に設置されるカメラのマイナスのイメージを解消することができると思われる。

こうした経緯から、街頭の防犯カメラを想定し、歩行者の表情の評価が可能となるビデオカメラの最適な角度といった設置条件を見いだすことを目的とした構内実験を行った。

(1) 実験概要

前述の通り、街頭の防犯カメラを想定し、歩行者の表情の評価が可能となるビデオカメラの最適な角度といった設置条件を見いだすことを目的として、防犯カメラを想定した構内実験を行った。実験日時は、2013年10月31日（木）10:00～16:00である。

(2) 調査項目

a) 角度の検証

歩行者の表情を捉えることが出来る防犯カメラの角度の検証を目的に、角度をつけたカメラ映像と被験者の顔と水平になるように設置したカメラ映像とを比較し、笑顔度の分析を行った。歩行者笑顔算出システムを用いて、各被験者の笑顔度を測定した。

埼玉大学の学生12名を被験者とし、実験を行った。カメラの設置角として、20度、25度、30度の3つのパターンを設定した。また、カメラの設置高さは、歩道上に防犯カメラを設置する場合の建築限界が2.5mであることから、0.5mの余裕高さを確保し、3.0mとした。

20度、25度、30度の3つのパターンで設置されたHDカメラの映像と、被験者の顔と水平になるように設置したHDカメラの映像を比較し、笑顔度の分析を行った。

b) HD カメラと防犯カメラの検証

HDカメラの映像と防犯カメラの映像によって歩行者の笑顔度がどの程度変化するか比較を行った。

なお、本実験で使用した防犯カメラは、38万画素の防犯カメラである。

埼玉大学の学生14名を被験者とし、実験を行った。角度の検証によって求めたカメラの角度を用いて、HDカメラと防犯カメラを3.0mの高さに設置し、カメラの前を各被験者に歩行してもらった。角度の検証によって求めたカメラの角度で設置したHDカメラおよび防犯カメラの映像によって、歩行者の笑顔度がどの程度変化するか比較を行った。

解析時の歩行者笑顔度算出システムの設定値を以下に示す。

- ◆ 最大検出数：20
- ◆ 検出サイズモード：Ratio mode
- ◆ 検出サイズ最小％：5%
- ◆ 検出サイズ最大％：10%
- ◆ 顔方向：上下左右
- ◆ 顔検出回転角度範囲：- 45° ～45°
- ◆ 探索ステップ：200
- ◆ しきい値：300

(3) 分析結果

a) 角度の検証

高さ3.0m、角度20度に設定したHDカメラの映像と水平に設置したHDカメラの映像から測定された各被験者の笑顔度平均値の結果、笑顔度の平均値の差の検定結果（P値）、検出数および誤検出数を表 - 10 に示す。

平均値の差の検定を行った結果、No.3およびNo.6の被験者で有意差が確認された。また、検出数および誤検出数の合計値を比較すると、高さ3.0m、角度20度に設定したHDカメラの映像の方が水平に設置したHDカメラの映像よりも検出数が多くなっている。しかしながら、誤検出数も高さ3.0m、角度20度に設定したHDカメラの映像の方が多くなっている。

高さ3.0m、角度25度に設定したHDカメラの映像と水平に設置したHDカメラの映像それぞれの笑顔度の測定結果、笑顔度の平均値の差の検定結果（P値）、

表 - 10 20度（3.0m）設置と水平設置の比較結果

No.	笑顔度平均値 (20度)	笑顔度平均値 (水平)	P 値	検出数 (20度)	誤検出数 (20度)	検出数 (水平)	誤検出数 (水平)
1	57.90	78.00	0.20257	10	1	6	1
2	73.94	66.73	0.49021	16	1	11	6
3	20.80	72.00	0.00266	5	0	6	1
4	62.70	77.50	0.17848	10	4	4	0
5	8.60	5.33	0.61324	10	1	3	1
6	86.33	25.00	0.00714	3	4	3	0
7	28.13	49.33	0.22495	8	2	6	0
8	68.20	75.50	0.58570	10	1	6	1
9	71.50	46.00	0.55420	2	7	3	1
10	66.50	30.86	0.05334	4	0	7	2
11	54.00	58.00	0.85584	2	1	5	3
12	49.00	54.17	0.79698	4	3	6	4
			合計	84	25	66	20

検出数および誤検出数を表 - 11に示す。

平均値の差の検定を行った結果、No.1の被験者で有意差が確認された。また、検出数の合計値を比較すると、高さ3.0m、角度25度に設定したHDカメラの映像の方が水平に設置したHDカメラの映像よりも検出数が多くなっており、誤検出数の合計値も高さ3.0m、角度25度に設定したHDカメラの映像の方が多くなっている。

しかしながら、A) 20度 (3.0m) 設置と水平設置の比較の誤検出数の合計値の結果と比較すると、高さ3.0m、角度25度設置および水平設置のいずれにおいても、誤検出数が減少した。

高さ3.0m、角度30度に設定したHDカメラの映像と水平に設置したHDカメラの映像それぞれの笑顔度の測定結果、笑顔度の平均値の差の検定結果(P値)、検出数および誤検出数を表 - 12に示す。笑顔度の測定結果では、角度30度に設定したHDカメラの映像から、No.5の被験者の笑顔度を測定することが出来なかった。平均値の差の検定を行った結果、No.10の被験者で有意差が確認された。

検出数の合計値を比較すると、水平に設置したHD

カメラの映像の方が高さ3.0m、角度30度に設定したHDカメラの映像よりも検出数が多くなっている。その一方で、誤検出数の合計値は、高さ3.0m、角度30度に設定したHDカメラの映像の方が多くなっている。また、B) 25度 (3.0m) 設置と水平設置の比較の誤検出数の合計値の結果と比較すると、高さ3.0m、角度30度設置および水平設置のいずれにおいても、誤検出数が減少した。

b) 角度の検証結果のまとめ

20度、25度、30度の3つの設置角度パターンの検証の結果、検出数に対する誤検出数の割合や全ての被験者の笑顔度を測定できた点を考慮し、高さ3.0mにおける設置角度は25度とする。

(4) HD カメラと防犯カメラの検証

a) 検証結果

高さ3.0m、角度25度に設定したHDカメラの映像と防犯カメラの映像それぞれの笑顔度平均値の結果、笑顔度の平均値の差の検定結果 (P値)、検出数および誤検出数を表 - 13に示す。

表 - 11 25 度 (3.0m) 設置と水平設置の比較結果

No.	笑顔度平均値 (25 度)	笑顔度平均値 (水平)	P 値	検出数 (25 度)	誤検出数 (25 度)	検出数 (水平)	誤検出数 (水平)
1	56.38	85.60	0.03598	8	0	5	0
2	81.56	60.13	0.05380	9	1	8	0
3	54.43	42.00	0.53849	7	0	4	0
4	69.50	68.00	0.92550	4	0	2	2
5	91.00	44.14	0.07750	2	0	7	0
6	28.20	42.00	0.59609	5	0	4	1
7	21.33	3.67	0.09595	9	0	3	0
8	62.00	80.40	0.28835	7	1	5	1
9	72.60	66.00	—	5	4	1	0
10	63.14	62.00	0.93835	7	0	5	0
11	38.71	39.71	0.95471	7	0	7	0
12	58.25	78.25	0.31038	4	1	4	1
合計				74	7	55	6

表 - 12 30 度 (3.0m) 設置と水平設置の比較結果

No.	笑顔度平均値 (30 度)	笑顔度平均値 (水平)	P 値	検出数 (30 度)	誤検出数 (30 度)	検出数 (水平)	誤検出数 (水平)
1	53.00	72.40	0.31462	5	0	5	0
2	91.20	85.75	0.44624	5	0	4	0
3	51.00	53.00	0.90309	4	0	5	0
4	67.00	43.67	0.34035	2	0	3	1
5	—	36.80	—	0	1	5	0
6	39.33	26.00	0.25099	3	0	4	0
7	28.60	28.33	0.99220	5	0	3	0
8	44.33	57.67	0.55043	3	1	3	2
9	57.67	82.00	—	3	2	1	0
10	70.67	32.00	0.01887	3	1	4	0
11	64.00	74.00	0.60451	3	0	3	0
12	73.00	78.25	0.72326	3	0	4	1
合計				40	5	44	4

表 - 13 HD カメラと防犯カメラの比較結果

No.	笑顔度平均値 (HD)	笑顔度平均値 (防犯)	P 値	検出数 (HD)	誤検出数 (HD)	検出数 (防犯)	誤検出数 (防犯)
1	1.30	5.60	0.47085	10	0	5	0
2	11.30	2.00	0.09148	7	0	3	1
3	0.00	0.50	0.03312	7	0	6	0
4	70.63	77.50	0.78492	8	0	2	0
5	4.00	19.20	0.02302	7	0	5	0
6	54.11	70.71	0.30692	9	0	7	0
7	6.00	5.00	0.81837	9	0	5	0
8	2.20	5.00	0.51605	5	1	2	0
9	8.22	34.5	0.02906	9	0	4	0
10	2.11	13.71	0.08636	9	0	7	0
11	1.22	5.75	0.15252	9	1	4	0
12	6.38	20.33	0.07769	8	0	6	0
13	50.63	14.86	0.01712	8	0	7	0
14	49.20	11.50	0.15114	5	0	6	0
			合計	110	2	69	1

平均値の差の検定結果、No.3、No.5およびNo.9の被験者で有意差が確認された。

検出数の合計値を比較すると、HDカメラの映像の方が防犯カメラの映像よりも検出数が多くなっている。これは、防犯カメラの方がHDカメラと比較して画素数が少ないため、被験者の顔がある程度大きく映らないと認証されなかったためであると考えられる。

しかしながら、防犯カメラの映像を用いても、現段階で笑顔度を測定することができるということが確認できた。

b) 防犯カメラを想定した検証実験のまとめ

本実験において、防犯カメラを利用した場合の設置高さ、角度について検証することができた。今後の課題として、新たな顔認証ソフトウェアの開発をする際、オムロン株式会社に渡したサンプル映像は、昨年度までのHDカメラを用いて撮影された映像であった。したがって、今後、防犯カメラの映像を正確に測定することができるように「笑顔検出システム」の改良を依頼することで、街頭の防犯カメラを利用し、歩行者の表情の評価を行うことが出来ると思われる。

4.4 歩行者笑顔度算出システムの開発に関するまとめ

以上の検証より、本研究で開発した歩行者笑顔度算出システムについて、防犯カメラの利用を想定して、自動で歩行者の笑顔を検出してその度合いを算出する、街路歩行空間の評価ツールとして有用である可能性が見られたといえる。

第5章 多様な街路において笑顔度を変化させる要因の抽出

5.1 はじめに

(1) 研究の概要

本章では、「歩行者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、歩行者の笑顔度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し、多様な街路の観測、及び商店街の長期観測を行い、笑顔度に影響する要因の抽出を行う。

(2) 研究方法

本研究では、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。まず、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。

次に、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。

5.2 オープンカフェにおける笑顔度の要因分析

本項では、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、街路の歩きやすさに着目するため、歩行空間の狭い地点と広い地点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。

(1) 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 - 15）。

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。

(2) 調査方法

オープンカフェ内に店出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 - 16、図 - 17）。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度を数値化し、笑顔度を比較する。

(3) 分析結果

図 - 18に、2つの地点で観測したビデオを解析し、得られた笑顔度の平均を比較した結果を示す。広い



図 - 15 調査地点位置図

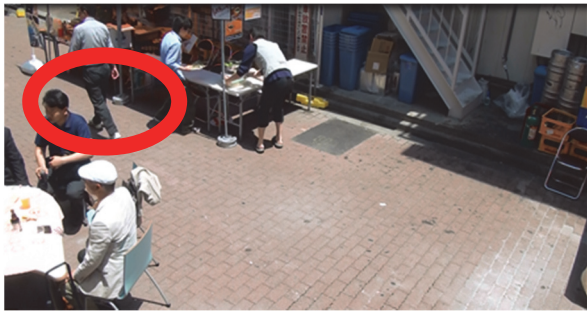


図 - 16 ボトルネック地点



図 - 17 広い地点

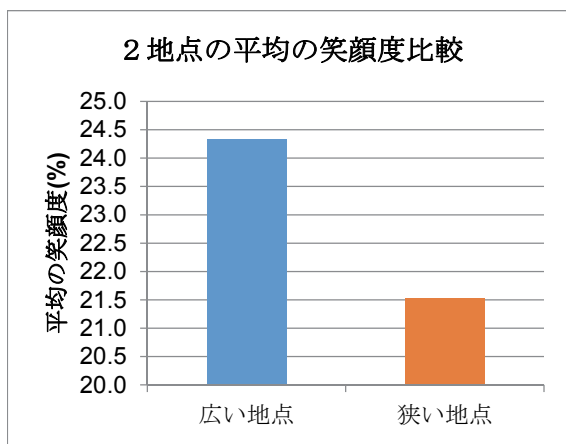


図 - 18 2 地点の平均の笑顔度

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は、P値が0.000となり有意な差があることが示された。

5.3 多様な街路による笑顔に影響を与える要因の検証

(1) 検討の概要

既存研究では、川越一番街や大宮駅西口を対象とし、歩行者天国時と通常時の笑顔度を用いて評価を行っていた。しかしながら、評価対象とする歩行空間が、1か所のみであり、歩行者天国時と通常時を比較しているため、歩行者の表情に有意な差が生じやすい条件下の歩行空間を評価対象としていた。

そこで本項では、複数個所の歩行空間を対象とし、車道や歩道の構造といった道路形状の違いによって

表 - 14 調査地点

対象地点一覧	
桶川駅東口（歩道なし）	浦和駅西口
北上尾駅西口（歩道なし）	南浦和駅東口
上尾駅東口 （自転車レーン有）	南浦和駅西口
大宮駅東口	蕨駅東口
大宮駅西口	蕨駅西口
与野駅東口（歩道なし）	西川口駅東口
与野駅西口	西川口駅西口
北浦和東口	川口駅東口
北浦和西口	川口駅西口
浦和駅東口	朝霞駅南口 （歩道なし）
草加駅東口 （自転車レーン整備後） （自転車レーン整備前）	蕨駅西口（117号）

笑顔度がどのように変化するかを明らかにするため、実道における歩行者観測調査を行った。

検討は2段階となっており、まず、平成25年度には、22箇所の街路の観測を行ったうえで、街路の個別の要素と歩行者の笑顔度の関連について分析を行った。平成26年度には、観測対象の街路を54箇所に増やし、重回帰分析を行うことで、複数の要因を考慮した上で、歩行者の笑顔に影響を与える街路の要因について検討した。

(2) 22 箇所の観測による個別要素の検討

a) 調査概要

調査は、2013年11月5日から2014年1月14日に京浜東北根岸線、高崎線沿線および東武東上線の駅前通りを調査地点として行った。本調査における調査地点を、表 - 14に示す。調査時間は、いずれも10時から16時とした。

ビデオカメラは、街頭の防犯カメラを想定し、高さ3.0m、角度25度で設置した。

本項の分析では、歩行者笑顔度算出システムの設定値は下記の通りである。

- ◆ 最大検出数：20
- ◆ 検出サイズモード：Ratio mode
- ◆ 検出サイズ最小％：5%
- ◆ 検出サイズ最大％：10%
- ◆ 顔方向：上下左右
- ◆ 顔検出回転角度範囲：- 45° ～45°
- ◆ 探索ステップ：200
- ◆ しきい値：300

b) 歩道が整備されていない通りにおける要因分析

歩道が整備されていない4地点では、車両通行台数が少ない地点ほど車道を歩行する歩行者が確認できた。

歩道が整備されていない4地点の平均笑顔度を算

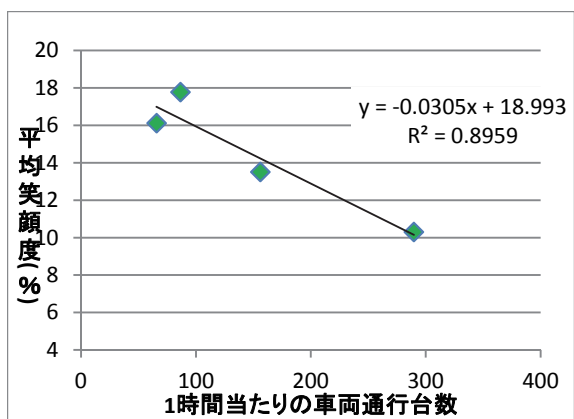


図 - 20 平均笑顔度と1時間当たりの車両通行台数の相関関係

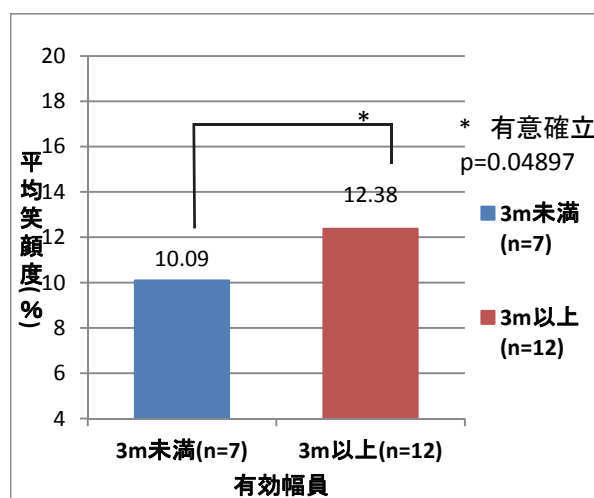


図 - 21 有効幅員の違いによる平均笑顔度の比較

出し、1時間当たりの車両通行台数によって笑顔度がどう変化するか分析を行った。

歩道が整備されていない4地点の平均笑顔度と1時間当たりの車両通行台数の相関関係を図 - 20に示す。これより、車両通行台数が増加すると笑顔度が減少する傾向が示された。よって、車両の走行台数が笑顔度を減少させる要因であることがわかった。

c) 歩道が整備されている通りにおける要因分析

歩道が整備されている18地点を、有効幅員が3m未満の7地点と3m以上の11地点に分け、平均笑顔度の集計結果を図 - 22に示す。なお、草加駅東口では自転車専用レーン整備前と整備後の2回調査したため、有効幅員が3m以上の地点のサンプル数が12となっている。

平均値の差の検定を行った結果、有意差が見られ、有効幅員が3m以上の地点の笑顔度が高くなることが示された。

d) 歩道内を通行する自転車の影響分析

歩道内を通行する自転車台数が最も多かった上尾駅東口の映像を用いて分析を行った。笑顔度が測定

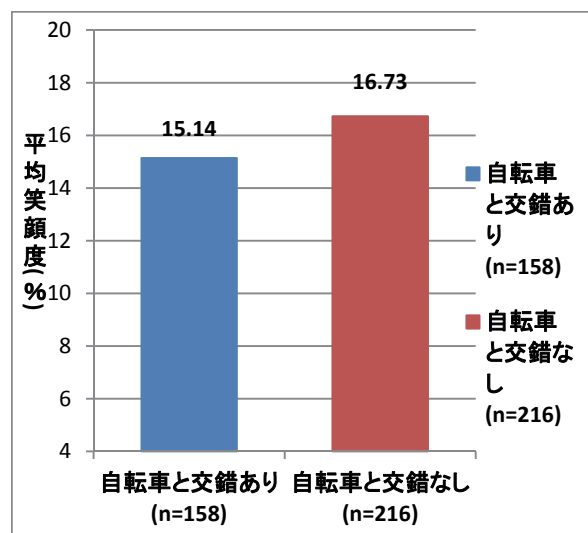


図 - 22 自転車との交錯の有無による平均笑顔度の比較

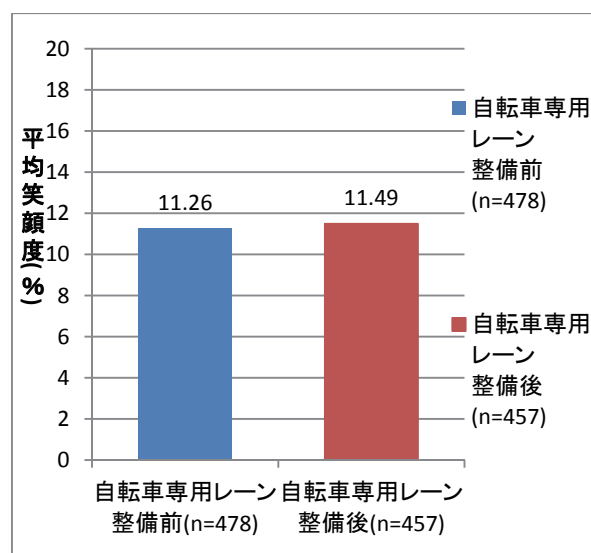


図 - 19 自転車専用レーン整備前と整備後の平均笑顔度集計結果

された5秒前後で自転車と交錯した歩行者と、交錯しなかった歩行者の平均笑顔度をそれぞれ集計し、図 - 22に示す。図 - 22より、自転車と交錯しなかった歩行者の笑顔度の方が高くなることが示された。

e) 自転車専用レーンの整備前と整備後の比較分析

草加駅東口における自転車専用レーン整備前と整備後の平均笑顔度を集計し、図 - 19に示す。なお、相手との会話等による影響の方が自転車専用レーンの整備効果よりも強く出てしまうと考えられるため、2人組以上で歩行する歩行者の笑顔度は除いた。結果として、整備前の平均笑顔度は自転車専用レーン整備後では、笑顔度がわずか0.23%しか増加しなかった。これは、歩道内を通行した自転車が整備前に計872台であったのに対し、整備後においても計712台と依然として多く、自転車専用レーンを通行した自転車が

わずか30台であったため、整備効果が確認できなかったことが原因であると考えられる。

(3) 54 箇所の観測結果による街路歩行空間の要因の重回帰分析

a) 調査概要

観測時間は10時～16時の間の6時間とし、平成25年度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、誤検出データを取り除き分析を行っている。

また、本項における分析の歩行者笑顔度算出システムの設定値は下記の通りである。

- ◆ 最大検出数：30
- ◆ 検出サイズモード：Ratio mode
- ◆ 検出サイズ最小%：5%
- ◆ 検出サイズ最大%：100%
- ◆ 顔方向：上
- ◆ 顔検出回転角度範囲：-15°～15°
- ◆ 探索ステップ：40
- ◆ しきい値：500

d) 重回帰分析結果

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-15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。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

表 - 15 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

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。

(4) 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、上述の重回帰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、本項では、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

a) 車道上自転車通行空間の整備前後の比較

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、埼玉県の草加駅・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。

草加駅と蕨駅について笑顔度を比較した結果を図-24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。

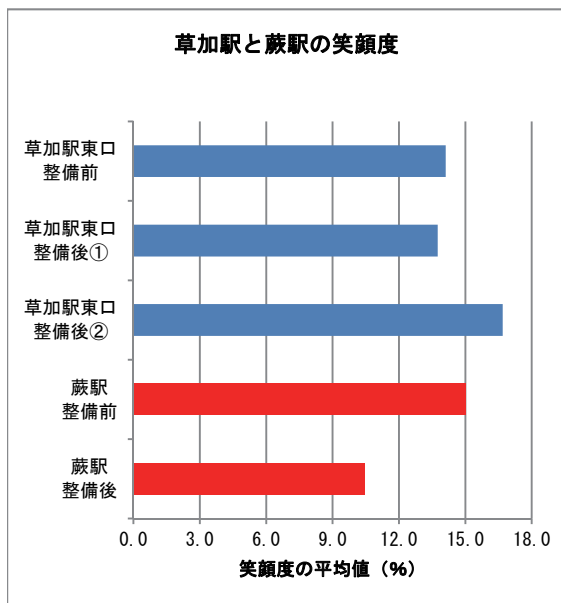


図 - 24 自転車通行空間整備前後の平均笑顔度の比較

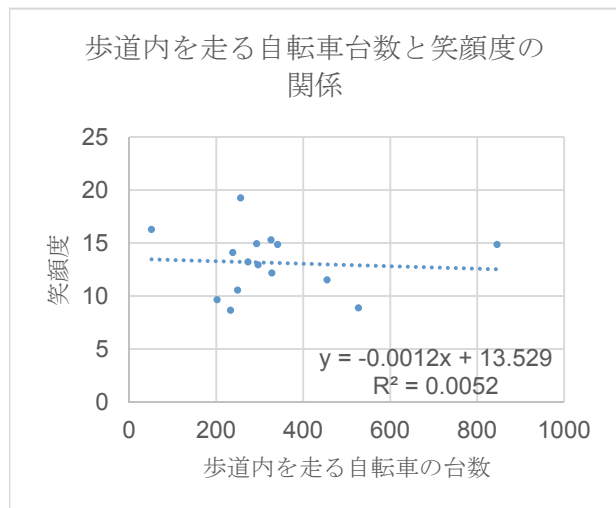


図 - 23 歩道内を走る自転車台数と笑顔度の関係

b) 自転車車道上通行空間に着目した分析

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。

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が図 - 23である。この結果からは、歩道内を走る自転車数が多くなると笑顔度が

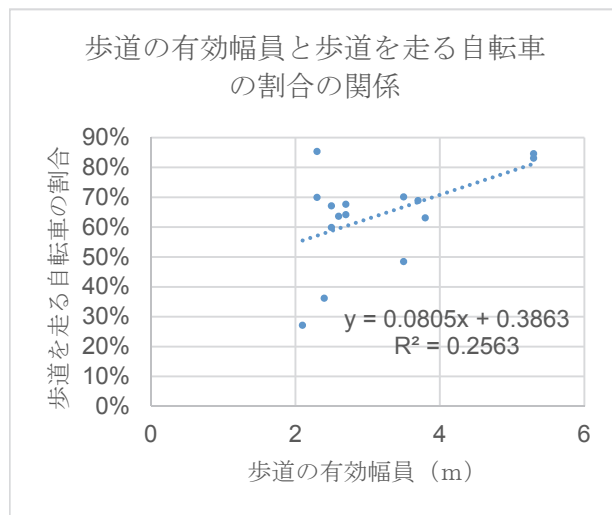


図 - 25 歩道の有効幅員と歩道を走行する自転車の関係性

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。

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 - 25のようになり、有効幅員が広くなると自転車が歩道内を走る可能性が高くなることが示された。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。

5.4 まとめ

本節では、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。

また、歩行者笑顔度算出システムを用いて街路歩行空間の改善の評価を行う提案をするため、車道上自転車通行空間に着目した分析結果を示した。複数の自転車通行空間整備地点を対象とした重回帰分析の結果からは、自転車通行空間が存在することが歩行者の笑顔度を高くする効果があることが示唆されたが、2地点における整備の事前事後の結果からは、整備による笑顔度向上の一貫した結果は得られなかった。一方、自転車通行空間が整備された複数の地点を対象として分析すると、歩道内を通行する自転車の量が大きくなると笑顔度が下がる傾向が見られ

るとともに、歩道の有効幅員が広い場合には、自転車は歩道を走行する割合が高い結果が見られた。このことから、自転車通行空間の整備のみでは、歩行空間の質の向上が望めない場合もあることが示唆される。これらのことから、歩行空間改善効果の検討に利用する場合には、複数の指標を考慮にいて検討することが必要であると考えられる。

第6章 長期観測による笑顔度を変化させる要因の抽出

6.1 実道路長期観測実験による笑顔度への要因分析

前章では、多様な街路の短期観測の結果から、道路の構造などに着目して笑顔に影響を与える要因の分析を行った。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。時間とともに変化する歩行環境とは、時刻、天候、日付などが考えられる。今回これらの要因の分析を行うために、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。

6.2 防犯カメラを利用した実用化を想定したプロセスの試行

(1) 観測日時

本実験では、11月31日の17時にカメラの設置を行い12月31日の16時まで撮影を行った。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日は動画ファイルの不具合で解析ができなかったため、26日は異常値が算出されたため、解析では使用していない。そのため、分析に用いる日数は29日間のデータとする。

(2) 観測地点

本調査では、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-26に示す。

(3) 調査方法

本調査では、北浦和西口銀座商店会に許可をいただき、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°

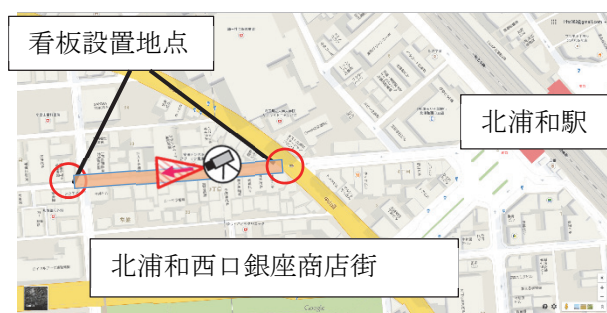


図 - 26 観測地点



図 - 27 西側看板



図 - 28 カメラ設置の様子

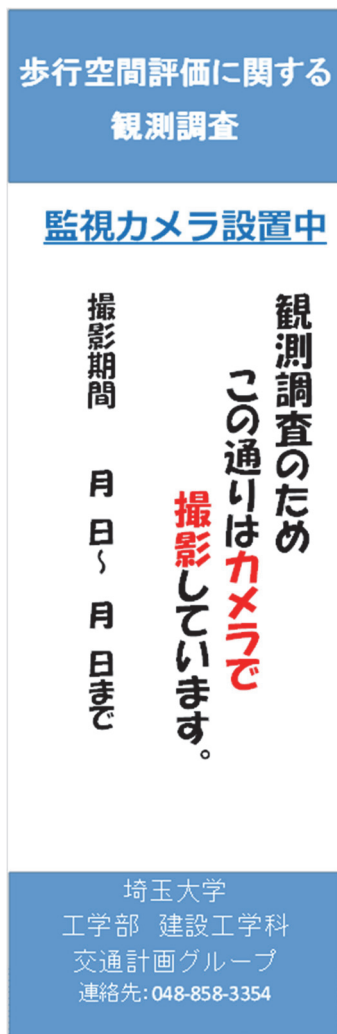


図 - 29 看板

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 - 27、図 - 28、図 - 29）。

(4) 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。

(5) 分析結果

a) 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

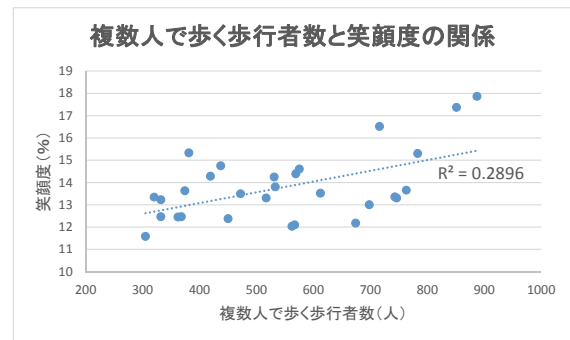


図 - 30 複数人で歩く歩行者数と笑顔度の関係

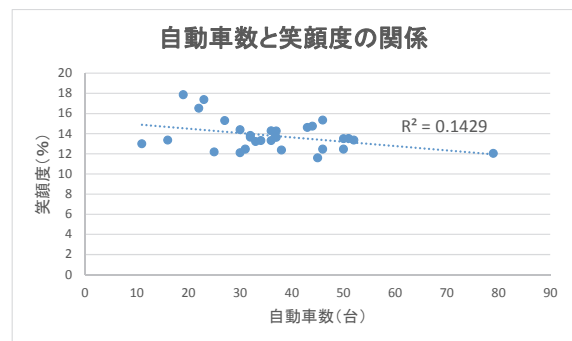


図 - 31 自動車数と笑顔度の関係

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いている歩行者数の関係を図 - 30に、笑顔度と自動車の交通量との関係を図 - 31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。前章の複数の街路の観測結果から、自動車の交通量が歩行者の笑顔度に影響を与えている可能性が見られたが、単一の街路においても、自動車の交通量の違いが歩行者の笑顔度に影響を与えている様子が見られる結果となった。

b) 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 - 32）。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

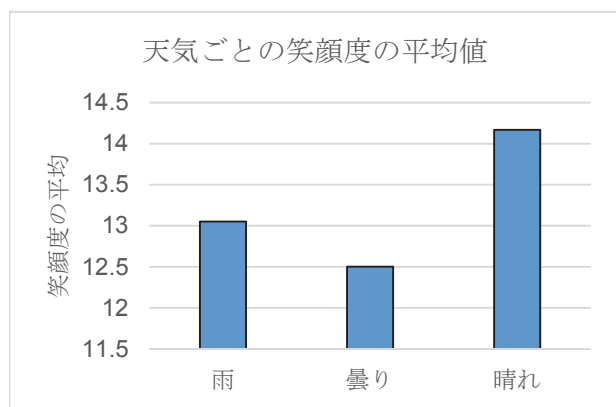


図 - 32 天気による笑顔度の変化

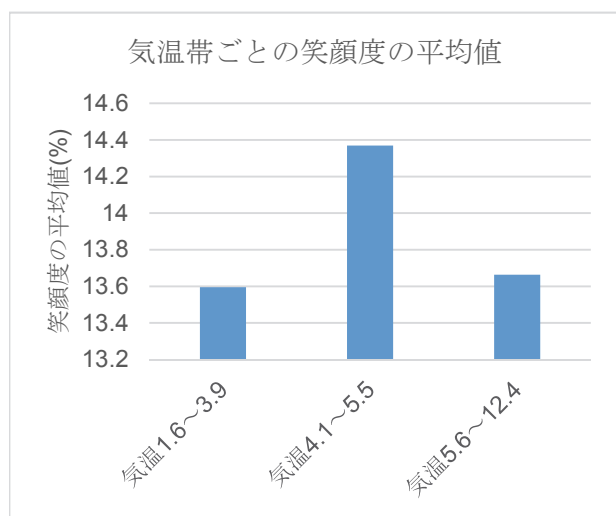


図 - 33 気温による笑顔度の変化

一番笑顔度が高いのが晴れの日となり、続いて雨の日、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には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。

気温に着目して分析した結果が図 - 33であるが、ここでは、観測された気温を高いほうから順番に並べて3分割することにより3つの気温帯として笑顔度に差が生じるかの分析を行った。気温の低い気温帯は1.6℃～3.9℃の10地点、次を4.1℃～5.5℃の9地点、高い気温帯を5.6℃～12.4℃の10地点とし分析を行う。各気温帯について分散分析を行ったところ、P値は0.00と有意な差がある結果となった。しかし、今回の検証では気温が中間の4.1℃～5.5℃の気温帯笑顔度が高い結果となった。この範囲の気温が、5.6℃～12.4℃よりも歩行者にとって心地いい気温であることは考えづらいことから、この分析においては、気温が単体で歩行者の笑顔度に影響していることは考えられない結果となった。今回の分析に用いたデータが、寒冷な季節に得られたものに限定されている。気温の影響については、分析するデータを、歩行者が心地よいとおもう気温を含むよう、季節ごとにさ

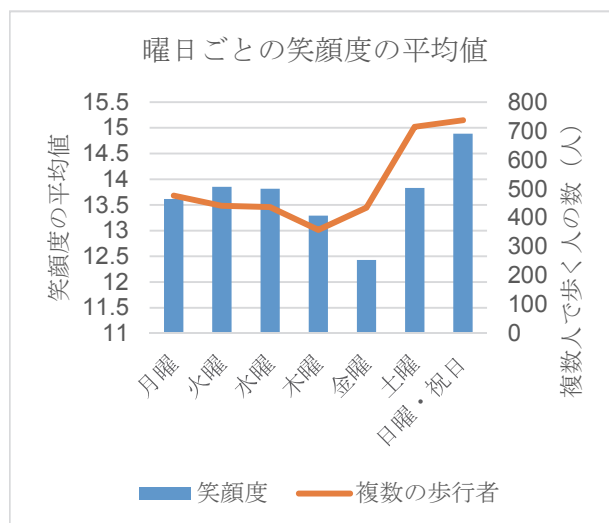


図 - 34 曜日に着目した笑顔度の変化

らに分析対象を増やした検討が必要であると考えられる。

c) 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 - 34)。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あることが示された。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。

6.3 まとめ

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の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ており、同一地点の交通量の変化に対しても、平成25年の研究開発における、複数地点の比較から得られた笑顔度に影響を与える要因の既存研究と同じ結果を示すことができた。天気、曜日の違いについては、それぞれ分散分析を行った結果、有意な差が示された。これより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への影響を考慮する必要があると考えられる。しかし、本調査で得られた気象条件、特に気温については季節的な問題があり観測された気温の最高気温が12.4℃と年間を通して考えると非常に低い値となっている。また気象条件についても、本研究では1ヶ月の観測であった

ため雨や曇りのサンプル数が少ないのが現状である。今後気象条件を考慮したシステムの開発を行っていくうえでは、観測期間の拡大を行い検討する必要があると考えられる。

以上の検証において、多様な街路歩行空間から得られた構造上、交通状況上の条件と歩行者の笑顔度の関係、及び、防犯カメラを利用した実用化を想定した観測調査から得られた日別の変動要因と笑顔度の関係を検証する中で、笑顔度に影響することへの妥当性が認められる、複数の要因が見つかった。このことから、歩行者空間評価に数値化した笑顔を用いることの妥当性が認められたと考えられる。

第7章 歩行空間評価システムの開発と検証

7.1 「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した(図 - 35)。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がない設計とした。

7.2 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

ものを誤検出する場合がある。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

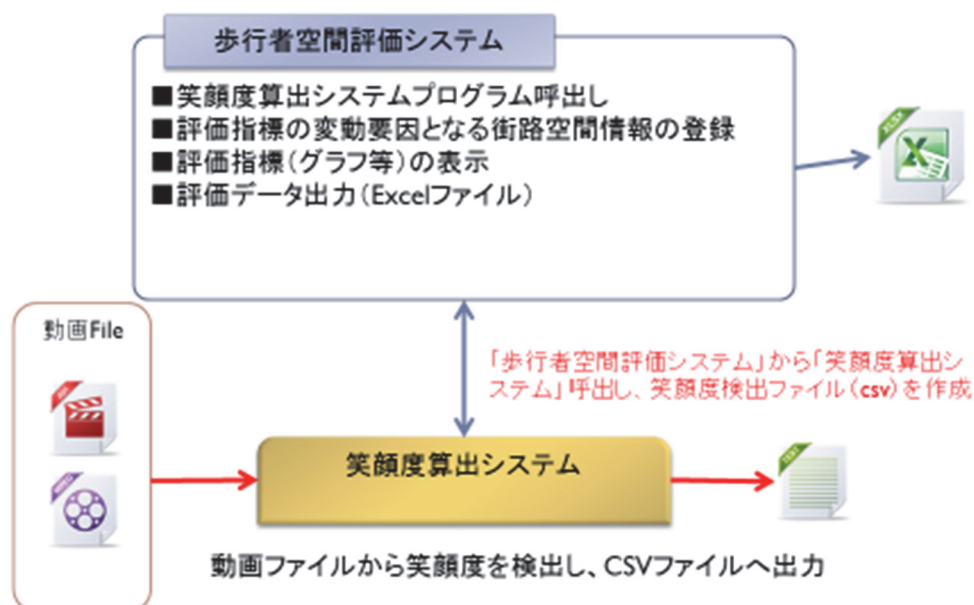


図 - 35 開発した歩行空間評価システムの概念図

図 - 36 歩行空間評価システムからの笑顔度算出システム呼び出し画面

図 - 37 街路歩行空間の情報登録画面

(1) 歩行空間評価システムの

a) 設定値による誤検出の差

検証においては、平成25年度の研究開発で利用した設定における検出結果の精度と、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 - 38)。しかし、推奨値では検出データ数の低下も見られている。

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 - 39)。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

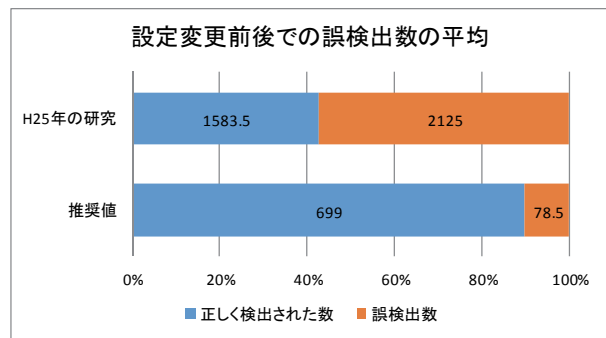


図 - 38 設定変更前後での誤検出数の平均

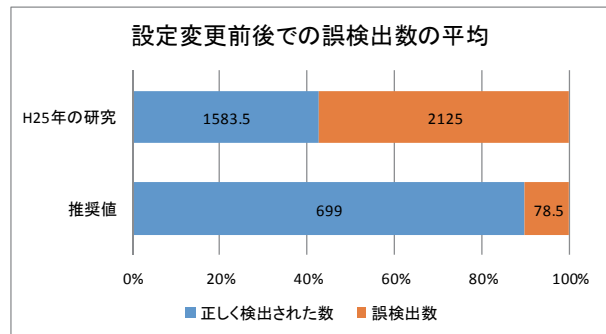


図 - 39 誤検出の割合ごとの地点数

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。

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取り、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。

分析の結果は、物の誤検出が多いことが判明した(図 - 40)。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 - 16)。

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。

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

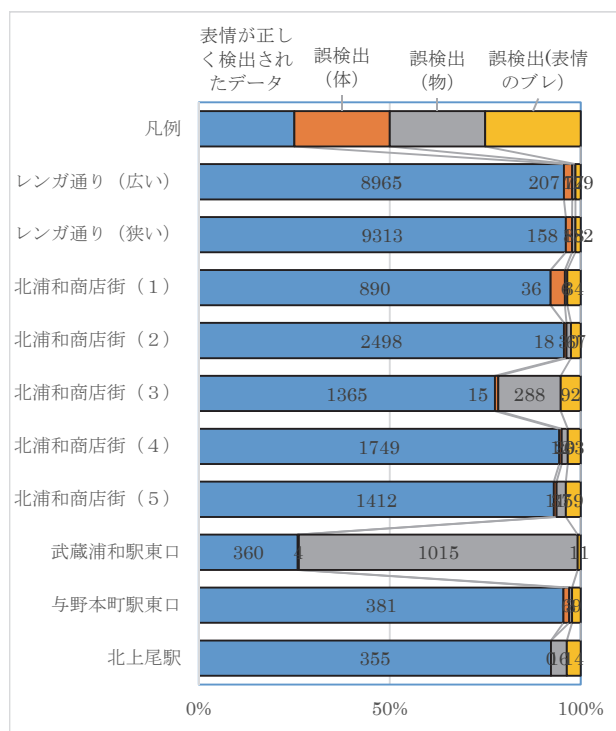


図 - 40 10 地点の誤検出の詳細分析

表 - 16 多く誤検出された路上設置物

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	

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 - 41）。

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。

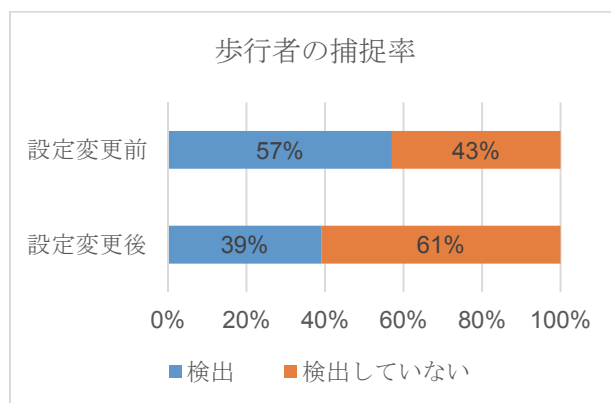


図 - 41 歩行者の捕捉率

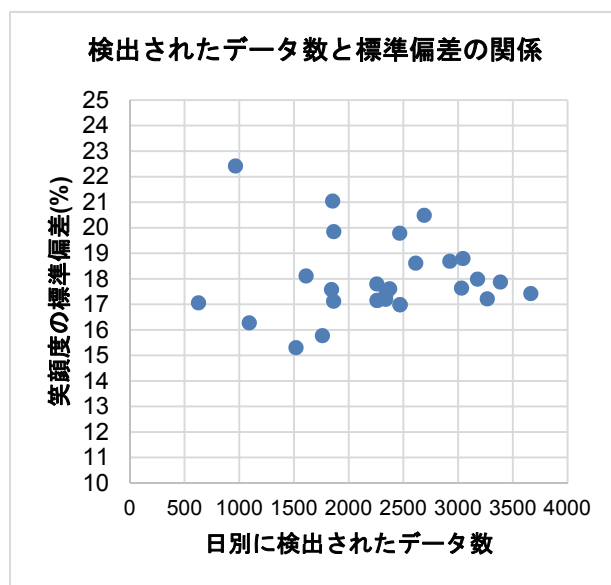


図 - 42 長期観測における笑顔度の日別データ数と標準偏差の関係

(2) 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 - 42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ますが、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。

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

これを計算すれば、 n は $2,038.5 \div 2,039$ 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。

(3) 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-43のように設置した。

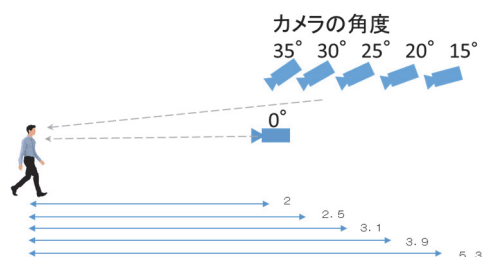


図 - 43 歩行者とカメラの関係

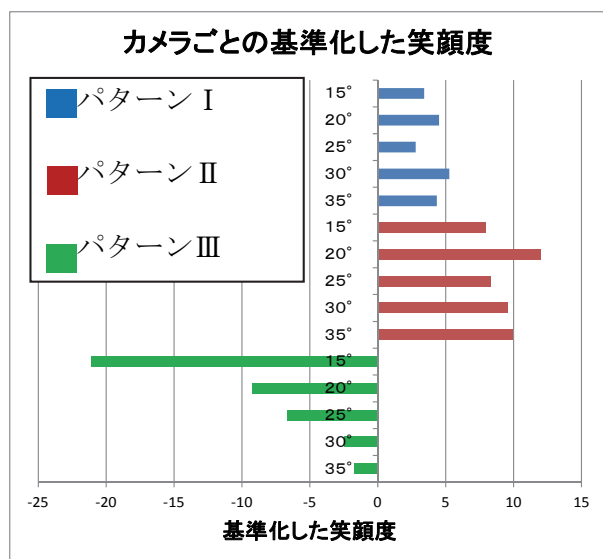


図 - 44 カメラごとの基準化した笑顔度

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。

d) 分析結果

分析結果は図-44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。

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。

7.3 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。

(1) 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。

(2) 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みてもらった上で、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。

(3) 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。

7.4 まとめ

本章では、本章では、歩行空間評価システムの概要について述べ、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。そのため、観測を行う際は誤判別されてしまうものがないか確認をしてから使用することが重要となる。また、歩行者の補足率については、閾値の設定変更後は40%を切る値と低くなっているため、サンプル数を十分に確保することが重要だと思われる。

カメラの角度の変化についてはある程度の笑顔度についてはカメラの角度による笑顔度の変化について有意差は見られず、15°から35°の間では角度を考慮せずに評価可能であることが証明された。ただ、観測対象までの距離が大きくなってしまうと笑顔度が高い値についての正確性が保証できなくなってしまうことを考慮する必要がある。

さらに、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では、「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を得た結果が出ているといえる。しかし、笑顔で評価する際の歩行環境以外の要因が影響を与えるのではないかとといった意見がヒアリング調査を行って多く見られた。システムの使用性については、全ての項目で7割以上の肯定意見となっていることから使用性については問題ないと思われる。ただ、パソコンを普段から使わない人では、パソコンの使用自体に抵抗が見られた。システムの利用方法については、道路の構造については消極的な意見となっており、笑顔が店舗などのほかの要因に起因してしまうことの可能性を指摘していた。イベントなどの評価については有効だといった意見が多数となった。

しかし、本調査ではパソコンの使用頻度がほぼ毎日使用している人に偏った回答結果となってしまうことや、回答数が8人と少ないため今後サンプル数の拡大をして調査を行う必要際がある。

第8章 本研究のまとめ

8.1 本研究のまとめ

本研究では、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開発を行った。

まず、2章において、既存研究から歩行者の笑顔による歩行空間の可能性について述べた。

次に、3章において構内実験の結果から、歩行者の笑顔が心理を反映している可能性について述べた。

次に、4章では歩行空間評価システムの開発の準備段階として、歩行者笑顔度算出システムの開発について述べ、歩行空間の指標としての歩行者の笑顔を簡便に計るツールとしての有用性について述べた。

次に、5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。

6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、時間的な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。以上の検証を元に、

7章において、歩行空間評価システムの概要について述べるとともに、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。さらに、システムの簡便な操作性について調査を行った。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。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。

8.2 課題と展望

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°の設定では、観測対象までの距離が遠くなってしまう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いる。

これらの問題への対応として、使用する前に道路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、誤検出の多い箇所がある（顔として誤判別されてしまうような、道路上の施設があると分かっている場合）には、撮影範囲から笑顔の検出範囲を任意の場所に指定するなど、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。

今後、以上のような改良を加えた上で、このシステムを用いて観測地点を増やすことで、歩行者の満足度（幸せ度）に影響を与える歩行空間の質について、より多様な知見を蓄積していくことが、道路政策の質の向上に貢献すると考えられる。

参考文献

- 1) 毛利正光, 塚口博司: 歩行路における歩行者挙動に関する研究, 土木学会論文報告集, 第 268 号, pp.99-98, 1977.
- 2) 平山洋祐, 榛澤芳雄, 小山茂, 村山正州: 千代田区における歩行者空間の評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, pp.201-206, 2001.
- 3) 田川洋介, 浅野光行: 歩行経路選択と歩行空間評価に関する研究—新宿駅周辺東西地区横断を対象として—, 第 28 回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2003.
- 4) 札本太一, 小嶋文, 久保田尚: 歩行者の外形的な特徴に着目した空間評価に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, 2011.
- 5) 荒川歩, 鈴木直人: しぐさと感情の関係の探索的研究, 感情心理学研究, 第 10 巻, 第 2 号, pp.56-64, 2004.
- 6) P. エクマン, W.V. フリーセン: 表情分析入門—表情に隠された意味をさぐる, 誠信書房, 1987.
- 7) Gehl, J. : *Life Between Buildings*, Danish Architectural Press, 1971. (北原理雄・北原理雄訳: 屋外空間の生活とデザイン, 鹿島出版会, 1990)
- 8) Darwin, C. R. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, John Murray, London. (浜中浜太郎訳: 人及び動物の表情について, 岩波文庫, 1991)
- 9) Russel, A. J. (1994). Is there universal recognition of emotion from facial expression? A review of the cross-cultural studies, *Psychological Bulletin*, 115(1), 102-141.
- 10) Jaeger, J., Borod, J. C., Peselow, E. (1986). Facial expression of positive and negative emotions in patients with unipolar depression, *Journal of Affective Disorders*, 11(1), 43-50.
- 11) Phillips, R. D., Wagner, S. H., Fells, C. A., Lynch, M. (1990). Do infants recognize emotion in facial expressions?: Categorical and "Metaphorical" evidence, *Infant Behavior and Development*, 13(1), 71-84.
- 12) Kawakami, F., Kawakami, K., Tomonaga, M., Takai-Kawakami, K. (2009). Can we observe spontaneous smiles in 1-year-olds? *Infant Behavior and Development*, 32(4), 416-421.
- 13) OMRON Corporation website, Smile Scan system, <http://www.oss.omron.co.jp/smilesan/function/index.html#contop>; accessed 8 July 2013.
- 14) 小西嘉典, 木下航一, 勞世広, 川出雅人: リアルタイム笑顔度推定, 情報処理学会インタラクシオン
- 15) 久間 英樹, 高橋 勇作, 福岡 久雄, 玄行 照朗, 皆尾 登志美, ホビーロボットを用いた高齢者介護施設における「笑い」の定量的評価方法, 笑い学研究 (17), pp. 50-60, 2010.
- 16) 白井はる奈, 白井壮一, 介入者の表情が認知症高齢者の表情に与える影響—スマイルスキャンを用いた分析—, 佛教大学保健医療技術学部論集第 5 号, pp.13-19, 2011.
- 17) Collet, C., Vernet-Maury, E., Delhomme, G. and Dittmar, A. : Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions, *Journal of the Autonomic Nervous System*, Vol. 62, pp. 45-57, 1997.
- 18) Sequeira, H., Hot, P., Silvert, L. and Delplanque, S. : Electrical autonomic correlates of emotion, *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 71, pp. 50-56, 2009.
- 19) Hussein, F., Hegron, G., Peneau, J., Joanne, P., Fraj, O., Ghozi, O. and Jaidane, M. : Detection of situations of danger faced by old pedestrian in urban space via the segmentation of sound scenes, International Congress on Ambiances, Montreal, 2012.