

インタラクティブな大型公共ディスプレイを 安心して個人利用するための周辺状況提示の有効性

飯塚 重善^{1,a)} 内藤 航^{2,†1} 郷 健太郎³ 木下 雄一朗³

受付日 2013年6月21日, 採録日 2014年1月8日

概要: 本研究では, インタラクティブな大型公共ディスプレイでプライベートな情報を扱う際に利用者が安心して利用可能なシステムの実現を目指している. 筆者らは, 利用者がディスプレイ利用中に周辺の状況を把握することが利用者の安心につながると考え, 周辺状況を利用者に提示する方法について検討した. そして, 利用者の背後の状況をカメラで撮影した映像を投影する方法, 通行人の距離と向きに応じた周辺状況の危険度を利用者に色で提示する方法, およびそれらを組み合わせた方法について, 評価システムを実装し実験を行った. その結果, 利用者に状況そのものの映像のみを提示することよりも, 危険度に応じた情報を付与した周辺状況を利用者に提示することの方が有効であることが示唆された.

キーワード: 大型公共ディスプレイ, プライベート情報, 安心, 情報提示方法, 情報環境デザイン

A Study for Presentation Method of Information about Circumference Situation for Personal Use of Interactive Large Public Display

SHIGEYOSHI IIZUKA^{1,a)} WATARU NAITO^{2,†1} KENTARO GO³ YUICHIRO KINOSHITA³

Received: June 21, 2013, Accepted: January 8, 2014

Abstract: In this research, we study information security and privacy as it pertains to large touch screens in public places. The goal of this research is to identify the variables associated with user safety when interfacing on large touch screens in public venues; additionally, we proposed a displaying method of user information for designing public space so that users can communicate interactively with reassurance of confidentiality. As a result of the evaluation experiment to our proposal, it was suggested that it is more effective displaying a user the situation in back circumstance with the color information expressing the degree of danger rather than showing the movie of the situation in user's back circumstance plainly.

Keywords: large public display, private information, reassurance, information presentation method, information environment design

1. はじめに

ユビキタス技術の発展, 普及により, 公共空間を含むプライベートスペース以外での情報利用が日常的に行われるようになってきた. プライベートスペース以外での個人の情報利用という観点では, 現在, スマートフォンやタブレット型・スレート型 PC のような個人で所有する高性能な携帯型情報端末が一般的に活用されている. これらの機器は現時点で十分に普及して活用されているものの, 携帯性の高さを追求していることから, 表示領域が物理的に小さく, たとえば, 地図を見る操作では, 全体像を視認するこ

¹ 神奈川大学
Kanagawa University, Hiratsuka, Kanagawa 259-1293, Japan

² 山梨大学大学院医学工学総合教育部
Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan

³ 山梨大学大学院医学工学総合研究部
Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan

^{†1} 現在, 株式会社ネオシステム
Presently with NEOSYSTEM Co., Ltd.

^{a)} shigeiizuka@gmail.com



図 1 利用シーンのイメージ
Fig. 1 Image of use scene.

とが困難な場合がありうる。他にも、複数の書類やデータを同時に見比べながらの作業が難しくなり、画面を切り替えるという操作が必要になってしまうことがあげられる。つまり、この表示領域の物理的な制約によって、ユーザビリティが低くなるだけでなく、その用途が制限され、利用者が手元の携帯型情報端末で可能な範囲内でのみ利用しているのが現状である。

そこで、デジタルサイネージ用などに公共空間に設置されている大型ディスプレイの一部の領域を、一時的に個人利用できれば、上記のような問題の一部は解決できると考えられる(図 1)。たとえば、手元の携帯型情報端末では十分に確認できない地図も、大型ディスプレイであれば大きく表示して全体像を視認することができる。さらに、ディスプレイの大きさを有効活用すれば、全体像と詳細部分とを同時に表示できるようになり、大型ディスプレイに地図の全体像を表示し、手元の携帯型情報端末に詳細部分を表示するといった、複数機器での機能分担という使い方も可能になる。

ただし、公共空間には周囲に不特定多数の第三者がいる場合が多く、個人の情報を表示すると見られてしまう可能性がある。既往の研究から、同じ情報を同じ見かけ上の大きさで表示して操作していても、PC画面よりも壁面に表示した情報の方が見られやすいという結果 [1] も得られており、大型公共ディスプレイ上でプライベートな情報をどのように扱うかが課題となる。したがって、公共空間での情報利用においては、可用性・利便性だけでなく、利用者が安心して使えることが求められる。

そこで筆者らは、インタラクティブな大型公共ディスプレイでプライベートな情報を扱う際に利用者が安心して利用可能な情報環境デザインの実現に向けて、ディスプレイ上への情報提示方法について検討している。本稿では、インタラクティブな大型公共ディスプレイを安心して個人利用するための一手段として、危険度に応じた情報を付与した周辺状況を利用者に提示することの有効性検証について示す。ただし本研究では、公共空間に設置されたインタラ

クティブな大型公共ディスプレイの個人利用を、利用者自身が所有する携帯型情報端末との連携による一時的なサービスと位置づけて考え、さらに、“公共ディスプレイ上で扱う”ことを考慮し、住所、電話番号などの情報プライバシーレベルの高い個人情報ではなく、まずは簡便なスケジュール情報や Web での閲覧情報といった、一般的にプライバシーレベルがそれほど高くない(できれば見られたくないが、大きく表示して扱うことができれば便利である)と考えられる情報を対象として考えることとする。

ここで、本研究で想定する利用シーンのシナリオを示す。
【シナリオ】

加藤隆 (25) は、エルエフシステム社の営業を担当している。今日はたまたま出張で地方都市に来ている。ちょうど出張先の駅前で、友人から同窓会の打ち合わせを行いたいという連絡を受けた。スケジュールの調整が必要ようだ。そこで、携帯端末を取り出し、今後のスケジュールを確認しつつ、同時に、以前送られてきた同窓会の内容について書かれた文書を確認しようと思った。ところが、携帯端末ではスケジュールと文書を別々に、画面を切り替えながらしか確認できず、しかも画面が小さいため、文書の文字の判別には拡大縮小、移動の作業を何度も繰り返さなければならなかった。ちょうどよいことに、駅前には大型の公共ディスプレイが設置されており、自分の周りにはまばらに人がいる程度であった。そこで加藤は、この公共ディスプレイを短時間個人用に使って、スケジュールと文書を同時に確認することにした。携帯端末を公共ディスプレイに近づけて画面をタッチすると、携帯端末に表示されていたスケジュールが公共ディスプレイの一部にウィンドウ状に表示された。同時に、公共ディスプレイに表示されていた今月行われるイベント情報の一覧は画面全体の半分程度に縮小され、右側半分に表示位置がずれた。携帯端末の画面が文書に切り替わったので、端末で再度公共ディスプレイをタッチすると 2 つ目のウィンドウが現れ、文書が大きく表示された。2 つを見比べながら、スケジュールを確認し、友人に携帯端末で電話をかけて、スケジュールの調整を行った。ちょうどそのタイミングで背後を誰かが通りかかった。(以上)

本稿では、上述したシナリオに示した利用シーンを対象にして、大型公共ディスプレイ利用時の情報提示方法についての検討内容を示すとともに、周辺状況を利用者に提示する方法について行った実験の結果を示す。

2. 手法の検討

本章ではまず、筆者らによるこれまでの検討経緯について示す。

まず筆者らは、インタラクティブな大型公共ディスプレイを安心して個人使用するための方法として、大きく分けて以下の 2 通りがあると考えた。

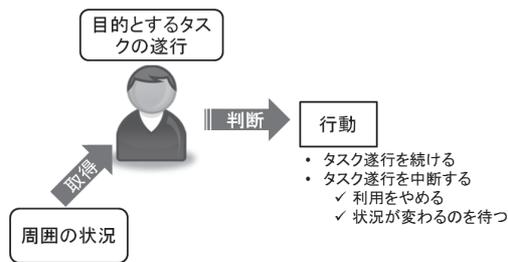


図 2 公共空間での個人の情報処理モデル

Fig. 2 Private information processing model in public space.

- 利用者が扱う情報を通行人から見えなくする。
- 周囲の状況に関する情報を利用者に通知する。

1つ目の『利用者が扱う情報を通行人から見えなくする』方法として、利用者がディスプレイと通行人の間に位置するという関係を利用し、利用者の身体によって、ディスプレイ上にできる通行人にとっての死角に相当する部分に利用者が扱う情報を表示する方法を提案した [2], [3]. 具体的には、利用者と通行人の位置関係をあらかじめ設置したカメラによって検出し、通行人の位置と距離に応じて、利用者が情報表示している領域のサイズや位置をシステムが調整し、通行人からの死角領域内への利用者の情報提示状態を保ち続ける、というものである。この手法に関して、筆者らによる実装環境を使った予備実験によって、作業中のウィンドウの移動そのものが利用者の情報操作を困難にすることが確認された。

そこで筆者らは、2つ目の『周囲の状況に関する情報を利用者に通知する』ことを方針として方法を検討することとした。

そもそも、公共空間でプライベートな情報を扱う際には、図 2 に示すように、目的とするタスクを遂行しつつも、周囲の状況に関する情報を取得し、その状況に対する判断により遂行中のタスクを継続もしくは中断といった判断がなされていると考えられる。そこで、この周囲の状況を利用者に提示することで、ディスプレイ利用者が上記判断がしやすくなり、それが安心感につながると考えられる。この方法として、以下に示す2つが考えられる。

手法 I 背後の状況をそのまま利用者に提示する。

手法 II 背後の状況の危険度合いを利用者に提示する。

以降、これらの方法について詳細に述べる。

2.1 背後の状況の映像提示方法

手法 I は、現金自動預け払い (ATM) 装置に用いられている手段で、いわゆるバックミラーを用意するという概念に基づく。ただし、本研究では大型のディスプレイを想定していることから、利用者がディスプレイ前のどの部分に立つのかがあらかじめ分かっておらず、利用者が立つ位置を一カ所に固定して考えることはできないため、ATM のように物理的な鏡をディスプレイ前面に設置することは



図 3 矢印を用いた危険度表示

Fig. 3 Display of danger using arrow.

現実的ではない。さらに、利用者がいない状態では本来のデジタルサインージとして機能する必要がある。そこで、ディスプレイ上に、利用者が立った位置に応じた場所にカメラで撮った映像を表示することで、表示位置を固定させずに映像を提示できる。また、背後の映像を撮影して提示する場合、バックミラーと同様に利用者の正面から利用者方向へ向けてカメラを配置して利用者後方の様子を投影する方法では、広い範囲を把握するのに不十分である。そこで、利用者背後の状況を上から俯瞰するようにカメラを配置して撮影し、その映像をディスプレイ上に表示することとした。これにより、利用者自身とその周辺の通行人の有無を一覧視することができる。ただし、提示用映像を撮影したカメラの位置と利用者 (映像の観察者) の視点位置が異なる場合、それらの映像間の見え方の差異により、映っている物体の位置関係など状況把握が困難になることが知られている。実際、上から俯瞰した映像では通行人の頭頂部しか映らないため、移動方向や頭部角度を一瞥で判別することは容易ではなく、それにはある程度の時間、映像を注視し、通行人の移動を把握しなければならないことになり、利用者の本来の目的であるタスクの遂行を妨げることになってしまう。そこで、通行人移動方向を表した矢印を通行人の映像に重ねて表示することで、提示された映像を見た利用者が瞬時に利用者自身とその周辺の通行人の位置関係を認識できるようにした。

具体的には、上部からの俯瞰映像に対して人物抽出処理を施すことによって通行人の重心位置と進行方向を求める。そして、俯瞰映像中の通行人に、その向きに応じた矢印型の画像を描画する (図 3)。

2.2 背後の状況の危険度合い提示方法

手法 II は、手法 I で表示した俯瞰情報を利用者が注視せずにタスク遂行にある程度集中していた場合でも、利用者に周囲の状況 (情報を見られる危険の程度) をより積極的に通知することを目指すものである。

具体的には、公共ディスプレイ上で利用中のウィンドウに危険の程度を色で表現し、それを利用者が扱う情報の表示領域の枠に反映させる、というものである。これによって利用者は、周辺視野で色の変化を知覚できるようになり、ディスプレイ上でタスクを遂行しながら、扱う情報から大きく視線の向きを変えることなく危険の程度について把握できる。

実際には、この“危険の程度を色で通知する”方法は、前節で示した矢印の色にも適用した。

このような、利用者の周辺を距離に応じた離散的な領域に分割して機能を割り当てる方法は、Hello.Wall [4] や Vogel らの研究 [5] で採用されている。Vogel らの研究では、ディスプレイと利用者の距離に応じてインタラクションを変化させているのに対して、本研究では、利用者と通行人との距離に応じて、利用者が扱っている情報を通行人が視認する危険の程度を割り当てる。

なお、より積極的に通知する手法としては、強制的に作業環境にダイアログを表示する方法が考えられるが、図 2 中に示したように、本研究では、通知を受けた後のタスク継続の判断は利用者が行うという観点から、強制的な割込みによる手法はとらないこととした。

2.3 危険度のモデル

まず、「大型公共ディスプレイの利用者が扱っている情報が、通行人に見られる可能性の程度」を「危険度」と呼ぶ。つまり、“危険度が高い”とは、通行人によって情報を見られる可能性が高いことを意味する。

本章では、筆者らのこれまでの研究における通行人行動の調査結果 [3]、および上述した情報提示手法の検討結果を基に、手法 II における「危険度」の算出方法と利用者への提示方法について詳細に示す。

まず、利用者に通知される「危険度」は、以下の 2 つを用いて算出する。

- 通行人の位置に基づく危険度
- 通行人の向きに基づく危険度

以下、これら 2 つの観点それぞれについて、およびこれらの両方を用いて利用者に提示される「危険度」の算出方法について示す。

なお、本章で示している今回の「危険度」のモデルは、仮説的な考えを基に設定している。

2.3.1 通行人の位置に基づく危険度

まず、利用者の位置設定について示す。

ディスプレイはインタラクティブな操作が可能なタッチスクリーンであり、実際にディスプレイ前面に立ち、表示内容を確認しながら腕を伸ばして操作するには、ディスプレイから 60 cm 程度離れる必要があることから、ディスプレイ利用者の位置はディスプレイから 60 cm 離れていると仮定する (図 4)。

続いて、通行人の位置についての考え方を示す。

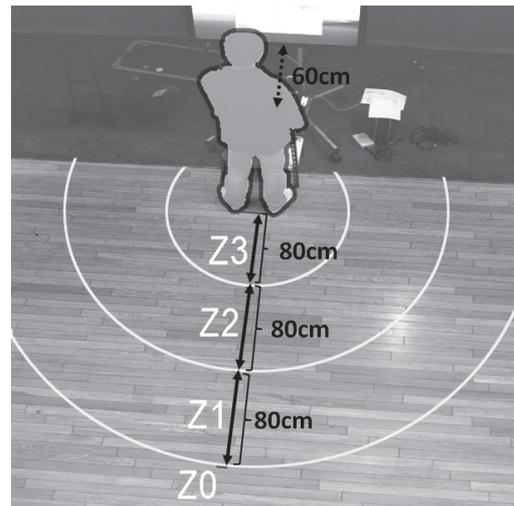


図 4 危険領域設定イメージ

Fig. 4 Dangerous domain setting.

成人男性の平均肩幅は 40 cm とされており [6]、歩くときに必要な幅として肩の両側に 10 cm の余裕を、さらに他の通行人との間合い分の余裕を 10 cm とし計 80 cm の幅を 1 つの領域とした。大型公共ディスプレイの利用者を中心とした同心円状に 80 cm ずつの距離で 4 つの領域に分け、外側からそれぞれ Z0, Z1, Z2, Z3 とした (図 4)。なお、領域 Z0 は 240 cm より遠い範囲すべてとした。

ここで、それぞれの領域における通行人の「位置に基づく危険度」について示す。この「位置に基づく危険度」は、ディスプレイ利用者と通行人との距離に応じて変化する。すなわち距離が小さければ危険度は大きく、距離が大きければ危険度は小さくなると考えることができる。ただしその値には上限と下限があり、その範囲内で領域に応じた離散値をとることとした。

具体的には、通行人とディスプレイとの距離と、ディスプレイ上に表示されている文字のサイズについて試算した結果として「3 m までが読み取り可能な距離」*1 であること [3]、および飯塚らの情報パーソナルスペースに関する研究 [7], [8] で安心だとされている結果に基づいて、この領域 Z0 の危険度を下限値 10 とした。一方、Z3 領域は最も危険度が高い領域であることから危険度を上限値 20 とし、危険度の値は下限値となる Z0 領域から上限となる Z3 領域に向けて指数関数的に値が大きくなるものとした。具

*1 ディスプレイ利用者とディスプレイの間の距離を 60 cm とし、人がこの距離で自分用に表示する文字のフォントサイズはディスプレイの大きさに関係なく 10 pt ~ 20 pt と想定できる。さらに、ディスプレイに表示される文字を DTP フォント 1 pt が約 0.351 mm であることから、10 pt ~ 20 pt の表示文字は約 3.52 mm ~ 4.22 mm のサイズとなる。1 辺 7.5 mm、切れ目が 1.5 mm のランドルト環を 5 m の距離から切れ目の方向が分かる状態が視力 1.0 といわれており、距離とフォントサイズが比の関係にあるとすると、視力 1.0 で 10 pt ~ 12 pt のフォントを読み取れる距離が約 2 m ~ 3 m と考えられる。このことから、ディスプレイサイズや文字のフォントサイズとは無関係にディスプレイから 3 m 離れた領域を Z0 領域とした。

体的には、Z1 領域で急激に危険度が増し、そこから Z2 領域、Z3 領域にかけて、緩やかに危険度が増す、という危険度の推移設定とした (図 5)。

2.3.2 通行人の向きに基づく危険度

通行人の向きによって、利用者の情報が通行人の視野に入る程度は変化する。そこで、通行人の向きについて、人間工学的な観点から以下のように考えた。

たとえば、ある通行人がディスプレイ利用者に向かって進行するとすると、利用者の情報を表示したディスプレイが進行方向に位置することになる。したがって通行人の視野角内に利用者の情報が入ることになり、情報を見る可能性が高くなる。逆に、通行人がディスプレイ利用者を背にした状態では、利用者の情報を表示したディスプレイが背面側に位置するため、頭部を大きく回転させながら同じ方向に上半身を大きくひねるようなことをしない限り、背面側を見ることは困難である。したがって情報を見る可能性は低い。そこでまず、通行人の肩の位置を基準にし、頭部を回転させて見える範囲を考え (図 6)、これを基に、3つの危険角度を定義し、それぞれに、危険度の係数を割り当てた (表 1)。ここで、それぞれの危険角度について詳細に説明する。

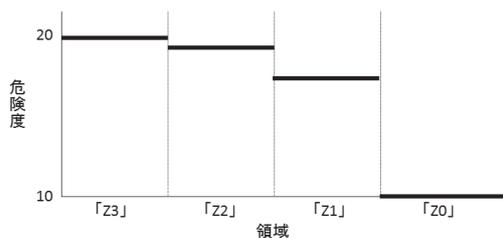


図 5 各領域の危険度

Fig. 5 Danger of each domain.

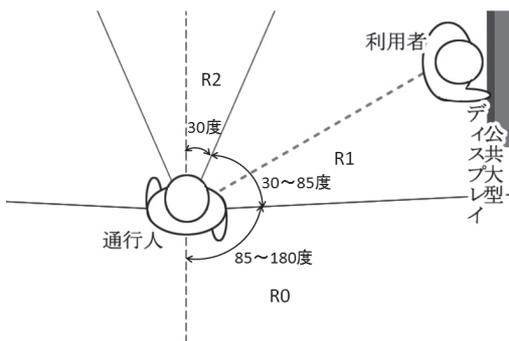


図 6 通行人の向きに基づく危険角度

Fig. 6 Definition of dangerous angle based on passerby's direction.

表 1 危険角度ごとの係数

Table 1 Coefficient of each dangerous angle.

危険角度種別	角度	係数
R2	0~30 度未満	1.5
R1	30~85 度未満	1.0
R0	85~180 度	0.5

まず危険角度 R1 は、頭部を回転させることによって自然に対象を視認できる範囲で、この角度の危険度係数を 1.0 とした。

次に危険角度 R2 は、頭部を回転することなく正面の対象を視認できる範囲で、この範囲内に利用者の表示情報がある場合、高い危険度にあるといえる。よってこの範囲の危険度係数は、危険角度 R1 のそれよりも相対的に高い値として 1.5 とした。

逆に、通行人の正面を基準に 85 度を超えて頭部を回転させることは一般に困難であり、85 度よりも背面側は見えないと解釈できる。よって、危険角度 R1 よりも相対的に低い値とはするが、0 にはならない、ということからこの危険角度 R0 の危険度係数を 0.5 とした。

2.3.3 総合的な危険度の算出

2.3.1 項で示した 4 つの危険領域 (危険領域 Z0~Z3) を基本として、これに 2.3.2 項で示した通行人の向き (危険角度 R0~R2) に応じた危険度係数を組み入れることで、利用者に提示する総合的な危険度をモデル化した。具体的には、総合的な危険度 RV は、通行人の向きに基づく危険係数と位置に基づく危険度の積でモデル化した。

$$RV = r \times f(z_x)$$

ここで、r は通行人の向きに基づく危険係数であり、z_x は通行人のいる領域、f(z_x) はその通行人のいる領域に応じた危険度である。

2.4 危険度に応じた色の割当て方法

2.1 節で示した、俯瞰映像中の通行人に重ねて表示する矢印、および利用者が扱う情報の表示領域の枠に対して、2.3 節で示した通行人の総合的な危険度 RV に対応する色を、図 7 に示す離散的な色スケールを基に適用する。このスケールでは、赤 RGB (255,0,0) を最も危険度が高い状態に、青 RGB (0,0,255) を最も危険度が低い状態に割り当て、これらの間を黄色 RGB (255,255,0)、緑 RGB (0,255,0)、水色 RGB (0,255,255) として計 5 段階に分け、RV の値が 5 以下であれば青として、そこから危険度 5 ずつの段階をとり、10 未満を水色、15 未満を緑、20 未満を黄色、20 以上を赤として表示するように定めた。この色情報は、利用者の周辺視野に提示されることから、危険度が高いときには利用者に危険性を速やかに認知させるために、誘目性が高い「赤」や「黄」を割り当てた。逆に、危険度が低い状態は、利用者が遂行中のタスクに集中してもよい状態で

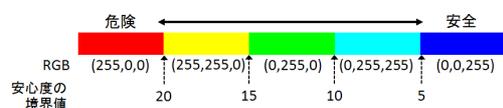


図 7 危険度の色スケール

Fig. 7 Color scale of danger.

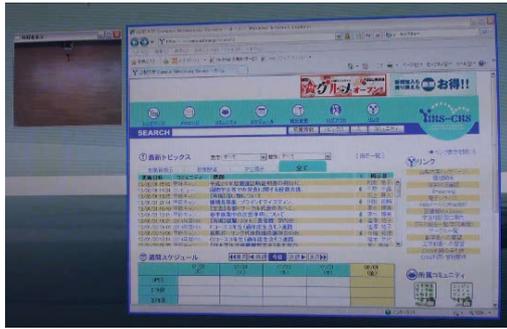


図 8 実際の表示イメージ（「両方」表示の場合）

Fig. 8 Actual display image (simultaneous presentation).

あるといえ、周辺視野に提示されていても邪魔にならないよう、誘目性が低い「青」を割り当てた。

なお、通行人が複数いた場合には、最も高い危険度の値の色を表示することとした。実際の表示イメージを図 8 に示す。

3. 評価

2章で示した2つの手法およびそれらを組み合わせた方法について、利用者の安心度合いを評価することで、危険度に応じた情報を付与した周辺状況を利用者に提示することの有効性検証を行うとともに、表示方法に関する知見を導出するための実験を行った。本章では、実験のために実装した評価用システムと実験の内容およびその結果を示す。

3.1 評価用システムの実装

評価用システムは、公共的な場所として、大学キャンパス内建物のロビーに設置した。システムの実装イメージを図 9 に示す。

まず、利用者が使う大型公共ディスプレイとして、47V型フルHD液晶ディスプレイを設置した。そして、利用者によるディスプレイ利用開始のタイミングを検出するため、ディスプレイ前面下部にRFIDリーダを設置した。これに利用者がRFIDカードを付した携帯端末をかざすことで、利用開始のタイミングを検出する。また、ディスプレイ利用者周辺を十分広く俯瞰できるように、映像取得用のUSBカメラを吹き抜け2階の天井に設置した。USBカメラ映像の画像処理、RFIDリーダを通したディスプレイ利用者の検出、および利用者への危険度情報表示処理はすべて、システム全体を制御するPC内のソフトウェア（C++およびOpenCVを用いたプログラム）によって行われる仕組みとした。

3.2 評価実験の内容

実験は、22～25歳の大学生・大学院生男女9名（以下、「評価者」）の協力を得て行い、全評価者が以下に示す4種類の表示方法すべてについて評価する被験者内計画とした。



図 9 評価用システム

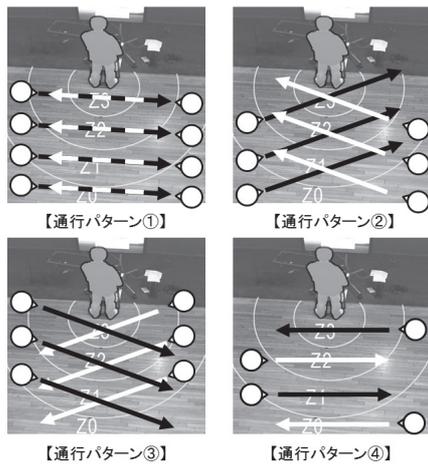
Fig. 9 System for evaluation.

- システムによる表示なし（以下、「なし」）
- 映像上の通行者に矢印を表示（以下、「矢印」）
- ウィンドウの外枠に色枠を表示（以下、「枠」）
- 矢印と色枠の両方を表示（以下、「両方」）

これらの表示パターンを試行順序はランダムとし、その順番は評価者には事前に知らせずに行った。

評価者には、学内の授業情報が掲載されたキャンパスネットワークシステムに対して各自でログインしてもらい自由に閲覧してもらった。このキャンパスネットワークシステムは、教職員とのメッセージ交換が可能で、成績情報なども扱われ、評価者にとってはプライベートな情報が含まれた情報システムといえる。

そして、実験中に評価者がディスプレイに表示された情報を閲覧している間に、評価者の背後を通行人役の実験協力者が通る。この通行人が通るパターンを図 10 に示すように形式化することで、通行人が通る位置（通行領域）による表示方法の効果を確認できるようにした。つまり、この図 10 中のいずれかの通行パターンで、評価者の背後を通行人役の実験協力者が通ることとした。パターン①は



パターン	図中の表記	ルート	同時通行者数	パターン数
①	黒破線矢印	(図中左から右に向けて)ディスプレイと並行に歩く(Z0~Z3それぞれ)	1	4
	白破線矢印	(図中右から左に向けて)ディスプレイと並行に歩く(Z0~Z3それぞれ)	1	4
②	黒実線矢印	(図中左から右に向けて)ディスプレイから離れた位置から、ディスプレイ寄りの位置に向けて(それぞれZ1~Z3を通るように)歩く	1	3
	白実線矢印	(図中右から左に向けて)ディスプレイ寄りの位置から、ディスプレイから離れた位置に向けて(それぞれZ1~Z3を通るように)歩く	1	3
③	黒実線矢印	(図中左から右に向けて)ディスプレイ寄りの位置から、ディスプレイから離れた位置に向けて(それぞれZ1~Z3を通るように)歩く	1	3
	白実線矢印	(図中右から左に向けて)ディスプレイ寄りの位置から、ディスプレイから離れた位置に向けて(それぞれZ1~Z3を通るように)歩く	1	3
④	黒実線矢印	二人がすれ違いで通行し、一人がZ0を、もう一人がZ2を、同時に通る	2	1
	白実線矢印	二人がすれ違いで通行し、一人がZ1を、もう一人がZ3を、同時に通る	2	1
計			22	

図 10 通行パターン

Fig. 10 All passing patterns of experiment.

通常の動線を想定してディスプレイに平行に通行するケースであり、パターン②③はディスプレイの左右付近に別の通路があると想定した場合に、それぞれ、その通路に向かった動線、通路から出てきた動線を通行するケースとしている。特にパターン②については、他者がディスプレイを見ようとする場合の進路を想定することにもなる。そして、パターン④は複数の歩行者がすれ違いで通常の動線を行き交う場合を想定しており、人がすれ違う際には互いの間隔を90cm弱開けることを想定し、Z1領域またはZ2領域1つ分の幅を開けた設定としている。なお、実際の公共空間での歩行者の動きを勘案し、本実験では歩行者の「位置・姿勢」と「移動」を切り離さず、通行パターン一連の動作として1つの要因とした。それぞれの試行後には、実験者が「このような情報を扱っているときに背後を誰かが通りました。このときにどのように感じましたか?」という質問を口頭で行い、これに対し評価者から、主観評価値を7段階(-3:非常に不安~+3:非常に安心)で回答してもらった。

この背後の通行パターンについても試行順序をランダム化し、その内容は評価者には事前に知らせずに行った。

3.3 結果

前節で示した実験で回答された主観評価値について、通行パターン別に算出した平均値のグラフを図11に示す。ただし、今回の評価は「歩行者が通る位置(通行領域)による表示方法の効果の確認」を主な目的としたことから、同じ領域を右側から通る場合と左側から通る場合(たとえば図10中のパターン①の上段と下段)をまとめて(平均化して)集計を行った。また、「表示方法」と「通行パターン」の2つを要因とした2元配置の分散分析結果を表2に示す。

分散分析の結果、「表示方法 × 歩行者パターン」の交互作用が有意であった ($F(33, 264) = 1.74$)。そこで、各要因の単純主効果の分析を行った。

その結果、「表示方法」については4水準すべてに「通行パターン」の単純主効果が見られ、「通行パターン」については「①-Z1(通行パターン①で領域Z1を通る)」、「②-Z1(通行パターン②で領域Z1を通る)」および「①-Z2(通行パターン①で領域Z2を通る)」についてのみ「表示方法」の単純主効果が見られた。

そこでさらに、「表示方法」の単純主効果が見られた「通行パターン」の上記3水準について、「表示方法」に関してLSD(Least Significant Difference)法による多重比較を実施した。その結果、表3に示す水準間に有意差もしくは有意傾向が見られた。

4. 考察

まず領域Z0については、2.3.1項で示したように、危険がないと見なしている領域であったが、図11を見ると、表示「なし」でも評価平均値が1.5で、他の3つの方法についてもこれを上回る評価平均値となっており、利用者の感覚としても、この領域の歩行者には見られてしまう危険性を感じていないと考えられる。

一方、領域Z3については、いずれの表示方法を用いても評価平均が負の値となっている。これは、ディスプレイで情報を見ているかどうかではなく、パーソナルスペースの影響が大きいと考えられる。一般に、自分のパーソナルスペースが保証されているときは快適であり、逆に、この空間に他者が侵入すると不快になる[9]。つまり領域Z3については、評価者と歩行者との距離が小さすぎて、歩行者が評価者自身のパーソナルスペース内に侵入してしまっていることで、評価者を不安にさせていると考えられる。

そこでここでは領域Z1および領域Z2での表示方法に特化して考察していく。

まず領域Z2に関しては、図11を見て分かるように「枠

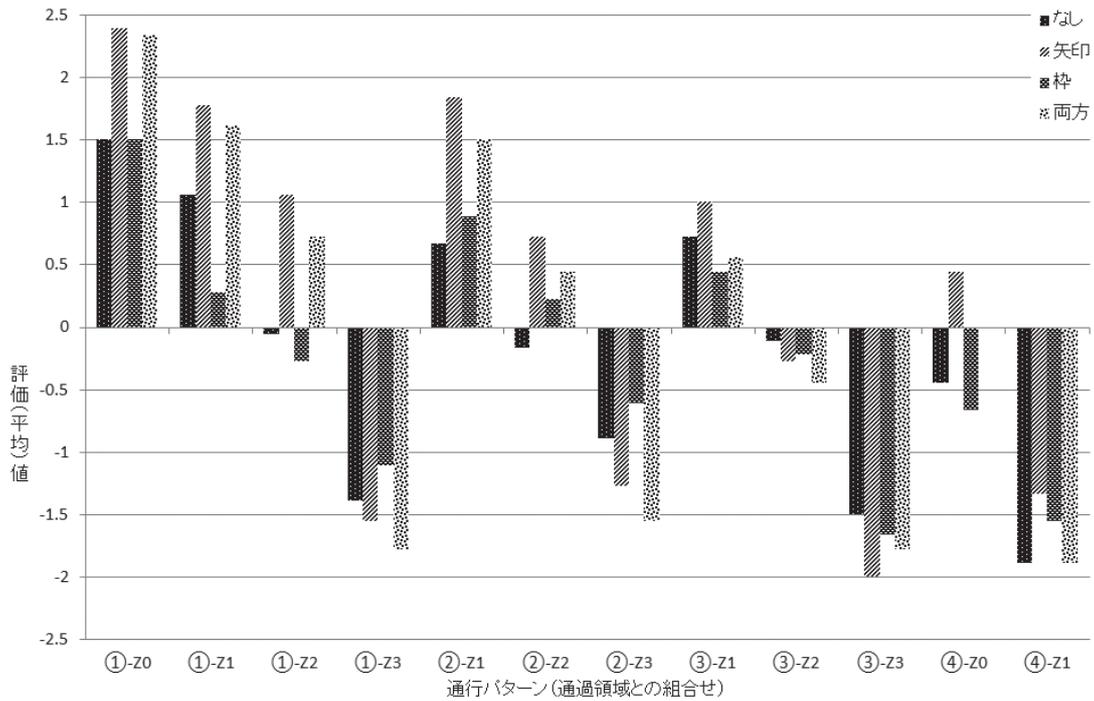


図 11 通行パターン別の評価平均値

Fig. 11 Evaluation average value of each pattern.

表 2 分散分析結果

Table 2 Result of ANOVA.

要因 (source)	平方和 (SS)	自由度 (df)	平均平方 (MS)	F	有意差
個人差 (S)	63.31	8	7.91		
表示方法 (A)	14.87	3	4.96	3.14	*
誤差	37.95	24	1.58		
通行パターン (B)	592.23	11	53.84	56.74	**
誤差	83.51	88	0.95		
A×B	45.23	33	1.37	1.74	**
誤差	207.45	264	0.79		
全体	981.24	423			

* $p < .05$, ** $p < .01$

表 3 多重比較結果

Table 3 Result of multiple comparison.

通行パターン	組合せ	有意差
①-Z1	「なし」 ($M: 1.56, \sigma: 0.63$) ~ 「柰」 ($M: 0.28, \sigma: 1.37$)	$p < .10$
	「矢印」 ($M: 1.78, \sigma: 0.87$) ~ 「柰」 ($M: 0.28, \sigma: 1.37$)	$p < .01$
	「柰」 ($M: 0.28, \sigma: 1.37$) ~ 「両方」 ($M: 1.18, \sigma: 1.06$)	$p < .01$
①-Z2	「なし」 ($M: -0.56, \sigma: 1.18$) ~ 「矢印」 ($M: 1.06, \sigma: 0.73$)	$p < .05$
	「なし」 ($M: -0.56, \sigma: 1.18$) ~ 「両方」 ($M: 0.72, \sigma: 1.00$)	$p < .10$
	「矢印」 ($M: 1.06, \sigma: 0.73$) ~ 「柰」 ($M: -0.28, \sigma: 0.75$)	$p < .01$
	「柰」 ($M: -0.28, \sigma: 0.75$) ~ 「両方」 ($M: 0.72, \sigma: 1.00$)	$p < .05$
②-Z1	「なし」 ($M: 0.67, \sigma: 0.83$) ~ 「矢印」 ($M: 1.83, \sigma: 0.66$)	$p < .01$
	「なし」 ($M: 0.67, \sigma: 0.83$) ~ 「両方」 ($M: 1.50, \sigma: 0.90$)	$p < .10$
	「矢印」 ($M: 1.83, \sigma: 0.66$) ~ 「柰」 ($M: 0.89, \sigma: 1.05$)	$p < .05$

M: 評価の平均値, σ : 標準偏差

表示の評価が負の値となっており、さらに表 3 中にあるように、他の 3 水準との間に有意差もしくは有意傾向が見られた。これは、“表示「なし」との間に有意傾向が見られた

こと”や“柰の色が変わるととても心配になるので、何もない状態よりも緊張してしまう”との感想が評価者によって実験後にあげられたことから、「柰」表示はシステムに

よる危険度の判断結果のみが提示されることによって、かえって不安にさせてしまった可能性が考えられる。

一方の領域 Z1 に関しては、やや離れたところを通ることもあって、評価の平均値がいずれの表示も正の値となったが、それでも「矢印」表示は表示「なし」および「枠」表示との間に有意差が見られた。「両方」表示が表示「なし」との間に有意傾向が見られたのは、「矢印」表示との組合せによる影響と考えることができる。よって、「矢印」表示が他の方法に比べて有効だと考えることができる。

これらのことから、危険度を直接的に利用者に伝えるためにシステム側でのみ危険度を判断し、その結果だけ提示する方法は効果的ではなく、かえって利用者を不安にさせてしまう可能性があるといえ、逆に、実際の様子を利用者自身が確認できることが利用者の安心につながるといえる。

続いて、通行人 2 名の場合に着目して考察する。

2.4 節で述べたように、通行人が複数いた場合には、最も高い危険度の値の色を表示することとしていることから、図 10 中の通行パターン④の 2 つのパターンについて、評価者に近い側の通行パターンと同じパターンとなる通行人 1 名の通行パターン「①-Z2」および「①-Z3」との比較を行った。

図 11 から分かるように、通行人 2 名の場合、すなわち④の 2 パターンにおける評価平均値は、いずれも、通行人 1 名のパターンの評価平均値よりも下回っている。すなわち、通行人 1 名の場合よりも通行人 2 名の方が、利用者は強く不安を感じていることが分かる。このことから、より遠い側に通行人が増えても、利用者の不安感を増大させることが考えられる。よって、通行人が複数人の場

合には、危険度算出について“最も高い危険度の値の色が表示される”のではない別の方法を検討する必要がある。

ここで、上述したような結果が、そもそも、利用者の背後の様子をディスプレイに投影することだけでもたらされたのか、それとも、背後の様子に色情報を付与したことによってもたらされたのかを判別するために、「背後の状況だけの映像をそのまま利用者に提示する」方法と「背後の状況映像に色情報を加えた情報」に関する利用者の主観評価を比較する実験を行った。「背後の状況映像に色情報を加えた情報」は、先の実験で色情報を加えた方法の中で最も評価が低かった「映像情報の枠に危険度に応じた色を付与した情報」を採用することとした。すなわち、色情報を採用した方法の中で最も低い方法が、「背後の状況だけの映像をそのまま利用者に提示する」方法と比較して評価が高ければ、上述の結果は、背後の様子に何らかの色情報を付与したことによってもたらされたといえることができる。

実験方法は、3 章で示した実験と同様の条件になるように統制して実施した。評価者は前回とは別の個人だが、人数は前回と同じく 22~25 歳の大学生・大学院生男女 9 名で行った。独立変数となる通行パターンは図 10 中のパターンから無作為化して提示し、主観評価値を 7 段階（-3：非常に不安～+3：非常に安心）で回答してもらった。その結果として、通行パターン別に算出した主観評価値の平均値のグラフを図 12 に示す。

まず、評価（平均）値が負の値となっている通行パターンに関して、ほぼすべてのパターンで「枠に色情報を付与した方法」の評価値が低くなる傾向が見られた（①-Z3 に

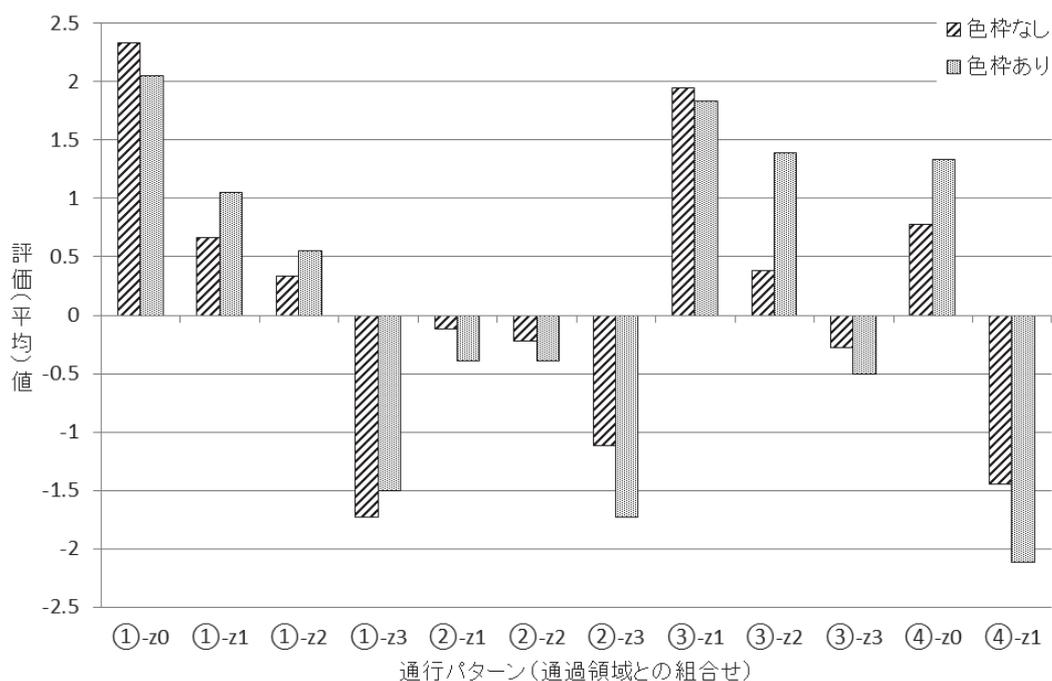


図 12 色枠の有無に特化した通行パターン別の評価平均値
 Fig. 12 Evaluation average value specialized in color frame.

関しては、「枠に色情報を付与した方法」の評価値が高くなる傾向が見られるが、おおむね同値と見なすことができる。逆に、評価（平均）値が正の値となっている通行パターンに関して、ほぼすべてのパターンで「枠に色情報を付与した方法」の評価値が高くなる傾向が見られた（③-Z1に関しては、「枠に色情報を付与した方法」の評価値が低くなる傾向が見られるが、おおむね同値と見なすことができる）。つまり、色情報を付与することによって、安心できる状況のときにはより利用者に安心感を与え、安心できない状況のときにはかえって不安にさせてしまうといえる。このことは、色情報を付与することが利用者の安心感に影響を与えることを示唆しているが、本稿における色情報の提示の仕方にはまだ課題があることも同時に示唆しているといえる。

5. おわりに

本稿では、インタラクティブな大型公共ディスプレイを安心して個人利用するための一手段として、危険度に応じた情報を付与した周辺状況を利用者に提示することの有効性検証を行った。そして、利用者の背後の状況をカメラで撮影した映像を投影する方法、通行人の距離と向きに応じた周辺状況の危険度を利用者に色で提示する方法、およびそれらを組み合わせた方法について、評価システムを実装しそれらの情報提示方法を評価する実験を行った。

その結果、利用者と通行人の位置関係や通行人の向きを基にした「危険度」をシステムが算出し、その「危険度」だけを色で表現し利用者に提示する方法は、利用者の安心につながるとはいえず、さらにいえば、かえって不安にさせてしまう可能性があることが分かった。その一方で、利用者背後の様子を撮影してディスプレイ上に投影する方法、すなわち背後の様子そのものの情報に周囲の危険度を表す色情報を付与して提示することが安心感につながることを示唆された。

今後の課題として、ディスプレイ上に投影された映像中に合成されて表示された矢印の色と危険度との対応づけや複数の通行人に対応した、より適切なモデルの確立に向けた調査や検討が必要である。特に「危険度」について今回は、通行人の位置と向きに基づくという仮説的な考えに基づいた設定を用いたが、この設定により得られた評価値（図 11）を見てみると、通行人の位置に応じて（領域 Z0 から領域 Z3 へと利用者（ディスプレイ）との距離が短くなるにつれて）4 種類の表示のいずれについても評価値が下がる傾向を、また、向きについても、ディスプレイ面を真横に通行する通行パターン ① よりも、ディスプレイ側に顔が向く通行パターンを含む ②、③ の方が評価値が下がる傾向を示している。このように、今回の仮説的な危険度モデルの設定によって得られた数値は、全体の傾向としては十分だが、具体的な評価値についてはモデルの変更によ

り変わることが予想される。モデル自体の妥当性の議論は本稿の範囲外であったが、今後の課題として、妥当性のある危険度モデルの実現を目指していく必要があると考えている。また、本稿では、利用者の安心感に注目した評価を行ったが、今後は、作業効率に着目した評価実験についても検討することで、提案手法の有効性（実用性）をより明確に議論することができると考えられる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 23500160 の助成を受けたものである。また、実験に協力してくれた山梨大学工学部の村松佑基氏に感謝する。

参考文献

- [1] Tan, D.S. and Czerwinski, M.: Information Voyeurism: Social Impact of Physically Large Displays on Information Privacy, *Extended Abstracts of the ACM Conference on Human Factors in Computing System (CHI '03)*, pp.748-749 (2003).
- [2] 飯塚重善, 内藤 航, 郷健太郎: 公共空間の大型ディスプレイへの情報提示インタフェースに関する検討, *ヒューマンインタフェース学会研究報告集*, Vol.14, No.3, pp.173-176 (2012).
- [3] 内藤 航, 郷健太郎, 木下雄一郎, 飯塚重善: インタラクティブな大型公共ディスプレイでのプライベート情報提示手法, *HIS2012 論文集*, pp.1080-1075 (2012).
- [4] Prante, T., Röcker, C., Streit, N., Stenzel, R., Magerkurth, C., Alphen, D.V. and Plewe, D.: Hello.Wall-Beyond Ambient Displays, *Video and Adjunct Proc. UBI-COMP Conference* (2003).
- [5] Vogel, D. and Balakrishnan, R.: Interactive Public Ambient Displays: Transitioning from Implicit to Explicit, Public to Personal, Interaction with Multiple Users, *Proc. 17th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST2004)*, pp.137-146 (2004).
- [6] 日本建築学会: 建築設計資料集成 人間編, 丸善 (2001).
- [7] 飯塚重善, 小川克彦: パブリックスペースにおける PC 利用環境の設計のための利用者後方距離による一考察, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.8, No.1, pp.69-76 (2006).
- [8] 飯塚重善, 後藤雄亮: 情報利用者の主観評価を基にした空間特性の可視化, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.9, No.4, pp.7-16 (2007).
- [9] 渋谷昌三: 人と人との快適距離, *NHK ブックス* (1990).



飯塚 重善 (正会員)

1990 年静岡大学理学部数学科卒業。同年 NTT 入社。2006 年京都大学大学院情報学研究科博士後期課程修了。博士（情報学）。2009 年 4 月から神奈川大学准教授。ヒューマンインタフェース、ユーザビリティ、インタラクションデザインの研究に従事。HCD-Net 認定人間中心設計専門家。電子情報通信学会、ヒューマンインタフェース学会、日本人間工学会、日本感性工学会、HCD-Net 各会員。



内藤 航

2011年専門学校サンテクノカレッジ卒業。その後、山梨大学大学院医学工学総合教育部修士課程修了。2013年より(株)ネオシステム。大型公共ディスプレイのインタラクションに興味を持つ。



郷 健太郎 (正会員)

1996年東北大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。博士(情報科学)。同年東北大学電気通信研究所助手。その後、バージニア工科大学 Center for Human-Computer Interaction 研究員、山梨大学工学部助手、同助教授、准教授を経て、現在、山梨大学大学院医学工学総合研究部教授。システム開発上流工程での設計法やヒューマンインタフェースの基礎技術、遠隔医療システムに関する研究に従事。ACM, IEEE CS, 電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会各会員。NPO 人間中心設計推進機構理事。2009年度山梨科学アカデミー奨励賞, 2010年度産学官連携功労者表彰(総務大臣賞)受賞。



木下 雄一郎 (正会員)

2007年立命館大学大学院理工学研究科博士課程修了。博士(工学)。同年山梨大学大学院医学工学総合研究部助教。2013年より同准教授。ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), ユーザインタフェース, 感性情報処理に関する研究に従事。IEEE, ACM SIGCHI, ヒューマンインタフェース学会, 日本感性工学会各会員。