

# 長期定点カメラ映像の分析支援システムの評価

阿部 哲也<sup>1,a)</sup> 箱田 博之<sup>1</sup> 石井 晃<sup>2</sup> 志築 文太郎<sup>3</sup> 田中 二郎<sup>3</sup>

**概要:** 長期にわたり定点カメラによって撮影した映像は、情報量が多い一方で、人が閲覧または分析することが困難である。そこで我々は、変化のあった領域の提示、および変化のあった時間の提示機能によって分析を支援するシステムを開発した。本システムを用いて発見型の評価実験を行い、ユーザによる分析のプロセス、および各機能がもたらすユーザの気づきを明らかにした。

## Evaluation of a system to analyze long-term images from a stationary camera

**Abstract:** Images which are recorded for a long term by a stationary camera contain much information. However, it is difficult to view or analyze throughout the images. Hence we developed a system to analyze those images by showing areas and period in which images are changing. In this paper we evaluated this system by carrying out a discovery experiment and revealed user's analyzing process and their awareness provided by each functions.

### 1. はじめに

定点カメラから得られる映像（以降、定点カメラ映像）を記録し分析すれば、撮影対象に関して様々な知見が得られる可能性がある。例えば、デパートの売り場を俯瞰する定点カメラを設置すれば、その映像はデパートのフロアレイアウト評価を行うための材料となり得る。また、公共空間を俯瞰する定点カメラを設置すれば、そこに設置される案内図や街頭広告等の評価のための材料となり得る。ただし、長期定点カメラ映像を閲覧すること、また比較することは困難であるため、これらから知見を得ることは難しい。

この課題に対してこれまでも画像認識に基づいて定点カメラ映像を解析することによって特定の目的の分析を支援する手法が多く研究開発されており、製品も発売されている（例：[1-3]）。

一方、我々はこれまでに、長期間撮りためた定点カメラ映像（図1に例を示す）を発見的に分析（visual analytics）する[4,5]ためのインタフェースを実現することを目的として、差分画像に基づく、定点カメラ映像の分析支援システムを開発してきた[6,7]。ここでの「発見的な分析」とは、何を見いだせば良いのか事前には定式化されていない事象を観察しながら見出す作業のことを指す。ここで、我々は未加工状態の定点カメラ画像を保存し、ユーザに対しインタラクティブに提供することに重きを置いている。この理由は、人が定点カメラ画像を観察すれば、予め定式化されていない事象を撮影対象に関して見出すことが期待され、また何かしらを見出した場合には定点カメラ画像がその裏付けとなるからである。

今回我々は、これまでに作成した分析支援システムを改良した。その上で、研究室の天井に取り付けた全方位カメラを定点カメラとして使い、全方位カメラからの映像を分析対象として、システムを用いた発見型の評価実験を行い、ユーザによる分析のプロセスおよびシステムを構成する各機能がどのような気づきをユーザへもたらすかを探る。

<sup>1</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻

Department of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

<sup>2</sup> 筑波大学情報学群情報メディア創成学類

College of Media, Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>3</sup> 筑波大学システム情報系

Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

a) abe@iplab.cs.tsukuba.ac.jp



図 1 全方位カメラを用いて撮影した画像  
Fig. 1 Omni-directional camera image.

## 2. 関連研究

Romero らは、Viz-A-Vis と呼ばれる、ヒートマップを 3D 表示させる可視化ツールを作成し [8], 評価を行った [9]. 我々の評価手法は [9] を参考にしたが、対象となる可視化ツールが異なる. Romero らの手法は 3D にてヒートマップを提示するが異なる期間の比較はできない. 一方、我々の手法はヒートマップを 2D にて提示するが、2 つの期間のヒートマップを比較することができる. TotalRecall [10] は、10 万時間もの同時収録されたオーディオおよびビデオをもとに文字起こしおよびアノテーション付けを行う研究である. 長期の録画を可視化する点が本研究と類似しているが、可視化の方法および評価手法が異なる. VERT [11] は、コンピュータが作成した映像のまとめと人間が作成した注釈を比較することにより、映像のまとめを自動的に評価する手法である. 本研究は映像閲覧ツールをユーザに提供し、それを用いてユーザが得る気付きを評価する点で VERT とは異なる. DeCamp [12] らは 11 台のカメラを用いて異なる部屋を同時に録画したデータを 3D モデルに投影しヒートマップを作成することによりユーザに提示する手法を提案した. また、Buono [13] は監視カメラの映像を用いてヒートマップを作成する研究を行った. これらの手法はヒートマップを作成する点において本研究と類似しているが、本研究は提示手法に主眼を置かず、提示されたデータから得られるユーザの気付きに着目している点において異なる.

Zensors [14] はクラウドソーシングを用いて定点カメラの映像に何が写っているのかを取得し、写っているものに変化があれば通知するという研究である. Zensors はカメラ画像に写っているものをクラウドソーシングを用いて取得するのに対し、我々の手法はカメラ画像をユーザ自身がヒートマップを用いて分析するという点において異なる.

## 3. システム

本システムの概要を示す. 本システムは録画システムおよび閲覧システムからなる. 録画システムは当研究室の 2 室 (A 室, B 室) に設置された全方位カメラから画像を取得し、それらに対してヒートマップ生成のための前処理を施した上でそれらのデータを各室に設置された NAS に保存する. 閲覧システムは保存されたデータを元にヒートマップを作成し、ユーザに提示する.

### 3.1 録画システム

録画システムはハードウェアおよびソフトウェアからなる.

ハードウェアはカメラ, NAS, コンピュータからなる. カメラはシャープセミコンダクタ製全方位カメラ LZOP3551 (有効画素数: 水平 1632 × 垂直 1224, 実際に用いる画素数: 608 × 608, 画角: 水平 360 度 × 垂直 68 度) を使用した. NAS は QNAP 製 TS-859 Pro (A 室), TS-859 Pro+ (B 室) を使用した. コンピュータは MacBook Pro 13-inch Late 2011 (CPU: 2.8GHz Intel Core i7, メモリ: 8GB, OS: OS X Lion 10.7.5, 画面サイズ: 13 インチ; A 室), Retina 15-inch Early 2013 (CPU: 2.7GHz Intel Core i7, メモリ: 16GB, OS: OS X 10.8.2, 画面サイズ: 15 インチ; B 室) をそれぞれ使用した.

カメラは当研究室の 2 室 (A 室, B 室) の中央に天井吊下にて設置された. A 室は広さが 7.50 m × 7.75 m (58 m<sup>2</sup>) であり、カメラは 2.5 m の高さに設置された. B 室は広さが 7.5 m × 15.0 m (113 m<sup>2</sup>) であり、カメラは 2.7 m の高さに設置された.

コンピュータ上にて録画ソフトウェアを動作させた. ソフトウェアを Qt および OpenCV を用いて作成した. 録画ソフトウェアはまず全方位カメラの画像を 1fps にて取得する. 次に前の画像との差分を取得し、差分画像を NAS に保存する. このことにより、閲覧システムにおける処理を簡単にするとともに、ストレージの容量を節約することができる.

### 3.2 閲覧システム

閲覧システムのインタフェースを図 2 に示す. インタフェースは画像提示部, 時刻操作部, ヒートマップ操作部にわかれる.

画像提示部のカメラ画像 A は時刻 E における居室 D 内のカメラ画像を表示する. カメラ画像 A の一部をマウスを用いてドラッグすることにより B のように矩形選択することができる.

時刻操作部はカレンダー C, 居室切り替えボタン D, 時刻表示 E, 時刻スライダ F, 濃度調整スライダ G からなる. 矩形 B 内の動きの有無がカレンダー C および時刻スライ

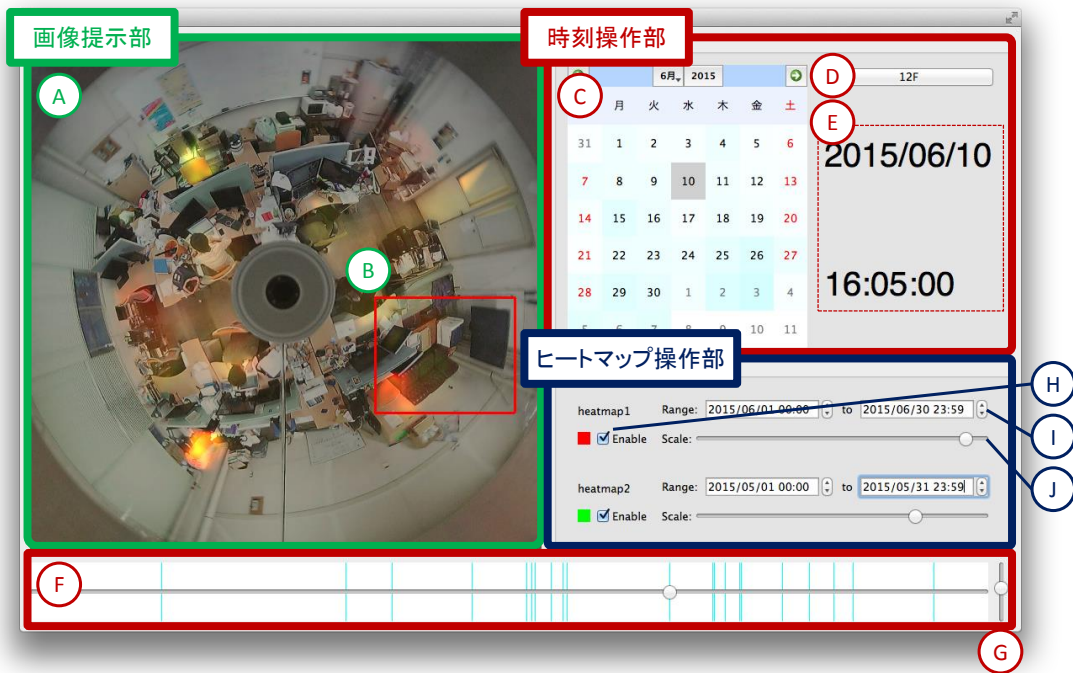


図 2 閲覧システムのインターフェース  
 Fig. 2 Interface of viewing system.

ダ F 上にて青色にて可視化される．色の濃度はその期間の動きの大小により決定され、濃度調整スライダ G にて調節できる．居室はボタン D により示される．ボタン D をクリックすることにより居室の切り替えを行う．カメラ画像 A はカレンダー C および時刻スライダ F を用いて変更することができる．

ヒートマップ操作部はチェックボックス H、時刻レンジ設定部 I、濃度調整スライダ J からなる．ヒートマップは赤および緑の 2 種類が使用できる．それぞれチェックボックス H にて On/Off の切り替えを行う．時刻レンジ設定部 I にてヒートマップを作成する期間を設定し、濃度調整スライダ J にてヒートマップの濃度を調整する．ヒートマップ操作部にて設定したヒートマップはカメラ画像 A にオーバーレイ表示される．図 3 は 2014 年 8 月 7 日 11 時 33 分の画像に対して、2014 年 8 月のヒートマップを赤にて、2014 年 9 月のヒートマップを緑にてオーバーレイ表示させたものである．8 月に動きが多かった部分は図 3a のように赤く、9 月に動きが多かった部分は図 3b のように緑色に、8 月・9 月とも動きが多かった部分は図 3c のように黄色に表示される．このように、ヒートマップ 2 種類を用いることにより異なる期間における動きを比較することができる．

ヒートマップ閲覧システムは Qt および OpenCV を用いて作成した．閲覧システムは、録画システムを用いて作成した差分画像を時刻レンジ I にて設定した期間分加算合成し、画素値が大きいほど明るいヒートマップを作成する．作成したヒートマップをカメラ画像 A に重畳表示させる．

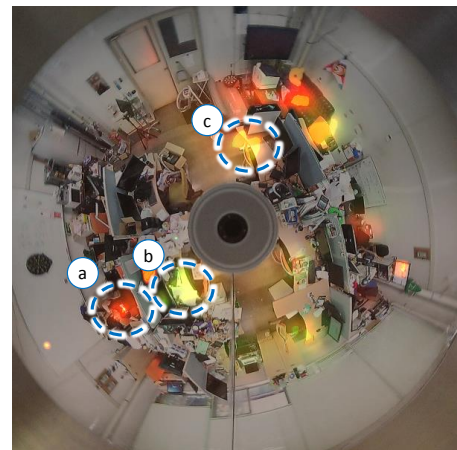


図 3 ヒートマップ画像  
 Fig. 3 Heatmap image.

このことによりユーザは期間中に変化が多かった領域および変化が少なかった領域を一目見て知ることができる．選択された矩形 B 内の差分画像を 1 日間または 1 分間分加算合成し、値が大きいほど濃くカレンダー C および時刻スライダ F を青色に着色する．このことによりユーザは詳細に閲覧するべき映像を絞ることができるため、余計な映像を閲覧する手間を省くことができる．

#### 4. 評価実験

我々が実装したヒートマップ閲覧システムを用いることにより、ユーザが各機能からそれぞれどのような気付きを得ることができるかを確認する実験を行った．

#### 4.1 被験者

コンピュータサイエンスを専攻する大学院生 4 名（男性 3 名，女性 1 名，年齢 22～23）を被験者とした。また，本システムを実利用するユーザは定点カメラによって撮影した場所をよく知っていると考えられる。そのため，被験者実験に際し，すべての被験者を A 室を居室として研究活動を行っていた学生とした。なお，すべての被験者には本システムに関する知識および経験は無かった。

#### 4.2 実験機器と実験環境

ヒートマップ閲覧システムを動作させるためのコンピュータとして MacBookPro 13-inch Mid 2010（CPU：2.4GHz Core 2 Duo，メモリ：4GB，OS：OS X 10.9.5，画面サイズ：13 インチ）を用いた。また，実験中の様子をビデオカメラ，ボイスレコーダー，および画面キャプチャを用いて記録した。

#### 4.3 実験手順

実験者はまず，実験手順を被験者に説明した。また，被験者に本実験の謝礼金は基本給に加え，発言数に応じて成果報酬が支払われることを説明した。次に実験者は，被験者にヒートマップ閲覧システムの使い方について説明した。その後，被験者が使い方を理解するまで実際にヒートマップ閲覧システムを操作してもらった。映像は被験者が写っていない B 室の，2015 年 4 月 1 日から 2015 年 5 月 31 日までの 2 ヶ月間のデータを用いた。また参考のため，B 室の座席表を被験者に示した。

次に被験者には，ヒートマップ閲覧システムを用いて，長期定点カメラ映像の分析を 30 分間行ってもらった。映像は被験者が写っている A 室の 2014 年 7 月 1 日から 2014 年 12 月 31 日までの 6 ヶ月間のデータを用いた。また参考のため，A 室の座席表を被験者に示した。この際，被験者にヒートマップ閲覧システムを用いて気付いたことを口に出して実験者に伝えるよう指示した。また，発言の理由も述べるよう求めた。実験終了後，被験者にアンケートを回答してもらった。実験所要時間はアンケートの回答時間を含めて約 1 時間であった。

### 5. 結果と考察

#### 5.1 全体を通じた結果および考察

被験者（P1～P4）から得た発言の総数は 96 個，平均 24 個（SD = 13.7）であった。それぞれ，P1 は 41 個，P2 は 31 個，P3 は 20 個，P4 は 4 個の発言をした。被験者の発言を性質毎，および発言の際に用いた機能毎に分類し，考察することとした。

図 4 は，被験者毎の，発言の性質別総数を示したグラフである。被験者から得た発言は，気付きと意見に大分できた。さらに，気付きを Overviewing，Focusing，Environment

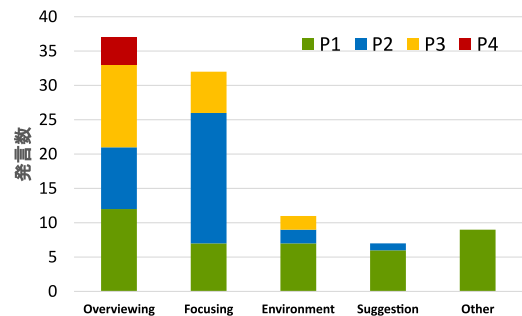


図 4 性質別の発言数

Fig. 4 The number of observations by qualities.

に，意見を Suggestion，Other に分類できた。それぞれの分類の定義を以下に示す。

気付き

**Overviewing** 画像全体に着目して観察し，得られた気付き。

**Focusing** 人に注目して観察し，得られた気付き。

**Environment** 物や部屋の様子の変化など，環境に関する気付き。

意見

**Suggestion** ヒートマップ閲覧システムに対して，機能の拡張，あるいは改善案を述べた意見。

**Other** その他，本システムの応用先等を述べた意見。

図 5 は，被験者毎の，発言の機能別総数を示したグラフである。機能毎の分類に関しては，以下の 5 種類によって行った。ただし，1 つの発言につき 2 つ以上の機能を用いたケースもあったため，重複を許している。

**HM/all** 画像全体のヒートマップを見て気付いたもの。

また，画像全体に矩形を設定し，カレンダーまたは時刻スライドを見て気付いたもの。

**HM/part** 画像の一部に矩形を設定し，カレンダーまたは時刻スライドを見て気付いたもの。

**カレンダー** カレンダーに表示される色を見て気付いたもの。

**時刻スライド** 時刻スライドに表示される色を見て気付いたもの。あるいは，時刻スライドを操作し，時間毎の画像を比較して気付いたもの。

**画像** ある時刻の画像を見て気付いたもの。

図 5 から，P1 は，他の被験者に比べ，時刻スライドと画像を用いた気付きが多いことがわかる。撮影していた映像から，P1 はヒートマップから特定の位置に動きがあることを認識後，その位置の画像を観察していた。また，P1 は Suggestion や Other の気付きが多く，本システムに関する多くの応用を考案してくれた。図 4 から，P2 のみ，Focusing の気付きが Overviewing に比べて多いことがわかる。これは，図 5 において，P2 の HM/part を使用した気付きが他の被験者に比べて多いことから明らかである。この理由は，P2 は 2 色のヒートマップを駆使して期間毎

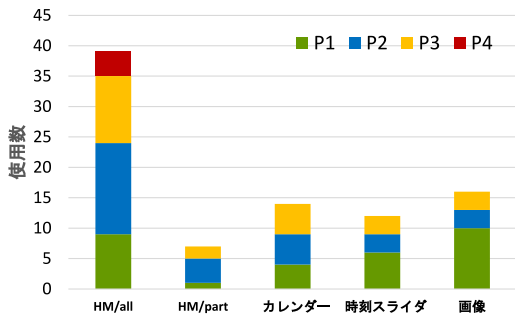


図 5 機能毎の使用数

Fig. 5 The number of uses by functions .

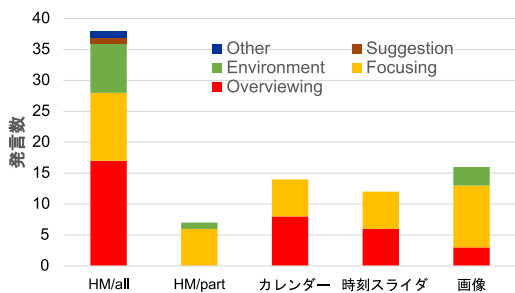


図 6 機能毎の発言数

Fig. 6 The number of observations by functions .

の比較を数回に分けて行っていたためである。P3 が使用した機能の分布は、P2 と似た傾向にあるにも関わらず、性質別の分布は異なる。これは、P2 とは異なり、P3 は全体のヒートマップを見ながら、ある期間に人が多い、などの大まかな気付きをすることが多かったからである。図 4, 5 を見ると、P4 は極端に発言数が少ないことがわかる。ほとんどの発言が Overviewing であること、および HM/all を使用したものであることから、P4 は本システムに関する操作方法や意図を熟知できていなかった可能性がある。また、撮影した映像から、HM/all 以外の機能をほとんど使用していなかったため、発言数が少なかったと考えられる。

今回の実験では、発言を促進させるために、被験者自身が写っている映像を用いた。その結果、被験者自身に関する発言は、96 個中 11 個 (約 11.4%) であった。また、2 名の被験者 (P3, P4) がアンケートの感想欄に、自分の生活パターンを振り返ることができ、研究室に来るモチベーションが上がったと回答している。これらのことから、本システムはユーザ自身に関する分析にも有用であることが示唆された。

図 6 は、機能毎の発言数を示している。HM/all は全体的によく使われている一方、画像は Focusing によく使われることがわかった。HM/part は Focusing, Environment にのみ、カレンダーおよび時刻スライダは Focusing, Overviewing にのみ使われることがわかった。

アンケートにおいて、被験者に対して、「本システムは使いやすいかったか」、「本システムを今後使いたいと思うか」という 2 つの項目について、5 段階リッカート尺度、およ

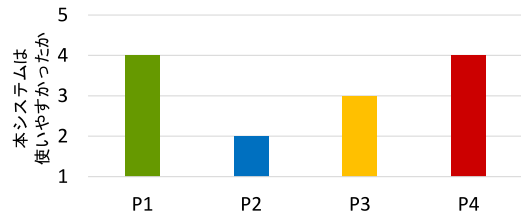


図 7 設問「本システムは使いやすいかったか」に対する評価

Fig. 7 Did you use our system with ease?

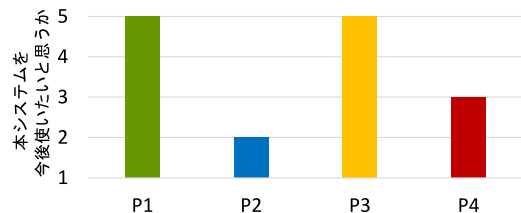


図 8 設問「本システムを今後使いたいと思うか」に対する評価

Fig. 8 Do you want to use our system in the future?

びその理由を自由に記述してもらった。その結果を図 7, 8 に示す。どちらの図においても、P2 の評価が低いことがわかる。しかし、撮影していた映像を見ると、P2 は本システムの機能をすべて使いこなしていた。その一方で、P1 および P3 の評価は比較的高かった。撮影していた映像、およびアンケートの自由記述欄を見ると、この 2 名は過去を振り返る、および分析を楽しんでいた。

## 5.2 発言ごとの結果および考察

P1 ~ P4 の分析行動およびそのプロセスの例を示す。画面キャプチャを分析したところ、すべての被験者はまず 7 月のデータから見始め、順に 8 月、9 月... と見進めていった。その後、被験者によって様々な分析行動をとった。

P1 は図 9 に示す画面を見て、ある人物が研究室の棚の上に物を設置した時間が 10 月 16 日の 16 時頃であることに気付いた。この気付きの分類は「Focusing, 画像」である。P1 は 7 月から 12 月までデータを順に見ていった後、ある時刻を境に研究室の棚に物が増えていることに気付いた (図 9 緑丸印)。その時刻を調べるため、まずカレンダーを操作し、置いた日付を明らかにした。次に時刻スライダを操作し、15 時 11 分には棚の上に何も置かれておらず、15 時 27 分にその人物が物を設置する様子が映しだされ、16 時 13 分には設置が完了していることから、上記の結論に至った。

P2 は図 10 に示す画面を見て、自身が研究室に滞在している時によく席を立っていることに気付いた。この気付きの分類は「Focusing, 時刻スライダ」である。また、この気付きは自身に関する気付きでもある。P2 は実験開始後、まず自身の席を矩形選択した。次に、カレンダーを操作し、日によって何時ごろに研究室に滞在しているのかを調べた。その結果、日によらず時刻スライダの青色部分が連続

でなく、とぎれととぎれになっていることに気付いた。よって、上記の結論に至った。

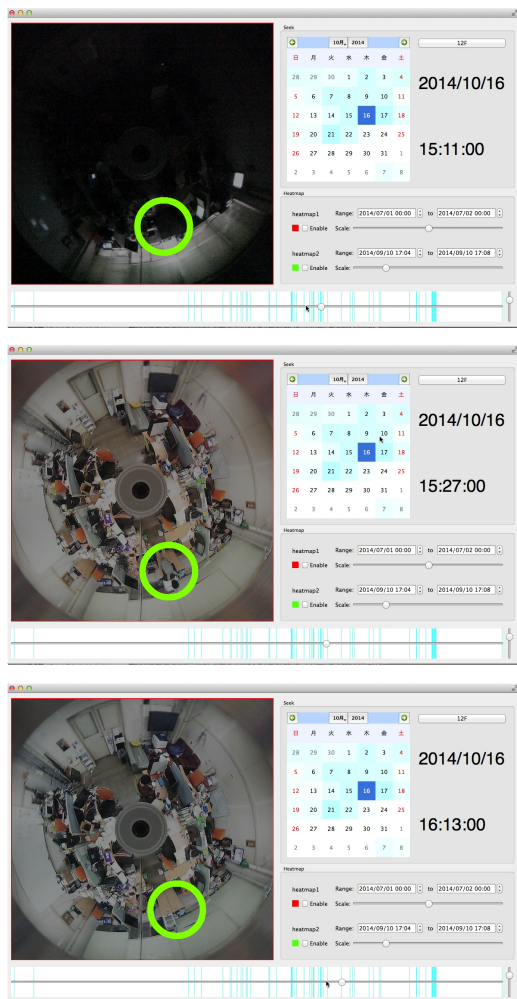


図 9 P1 はある人物が研究室の棚の上に物を設置した時間について気付いた  
 Fig. 9 P1 was aware of the time when a student placed something on the shelf in the laboratory.

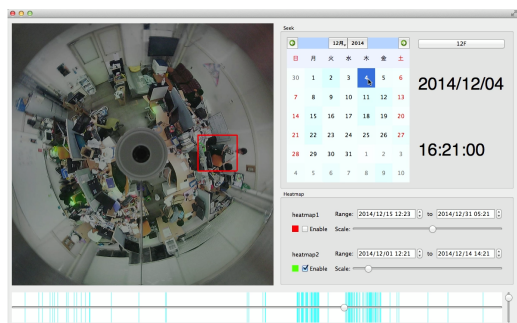


図 10 P2 は自身が研究室に滞在している時によく席を立てていることに気付いた  
 Fig. 10 P2 was aware that he often stood up from his sheet when he was in the laboratory.

P3 は図 11 に示す画面を見て、自身が 8 月後半から 9 月にかけて研究室によく滞在していることに気付いた。この気付きの分類は「Focusing, カレンダー・HM/part」である。また、この気付きも自身に関する気付きである。P3 は P2 と同様、実験開始後に自身の席を矩形選択した。次に、7 月から 12 月までカレンダーを操作した結果、8 月後半から 9 月にかけてカレンダーの色が濃くなっていることに気付いた。よって、上記の結論に至った。

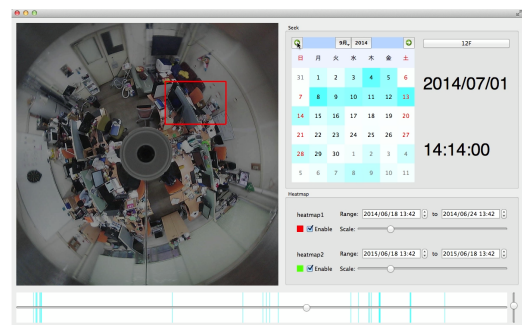


図 11 P3 は自身が 8 月後半から 9 月にかけて研究室によく滞在していることに気付いた  
 Fig. 11 P3 was aware that he was frequently in the laboratory from late August to early September.

さらに P3 は図 12 に示す画面を見て、2 箇所のディスプレイ (図 12 緑丸印) に動きが集中していることに気付いた。この気付きの分類は「Environment, HM/all」である。P3 は、カレンダーをひと通り見終わった後、新しい気付きを探す過程においてヒートマップの対象期間を 1 日としたとき、特に 2 つの画面のヒートマップが濃く表示されたため、上記の結論に至った。さらに、これらのディスプレイのうち一方は常にスクリーンセーバーが流れており、他方は時計が表示されている事にも気付いた。

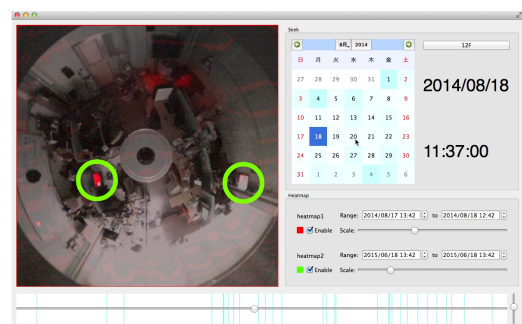


図 12 P3 は 2 箇所のディスプレイに常に動きがみられることに気付いた  
 Fig. 12 P3 was aware that the screens of those two monitors are frequently changing.

P4 は、図 13 に示す画面を見て、年末にも研究室に人がいることに気付いた。この気付きの分類は「Overviewing, HM/all」である。P4 は、7 月から順にカレンダーを追っていく過程で、12 月のカレンダーを表示し、赤色のヒートマップを 7 月全体に、緑色のヒートマップを作成する期間を 12 月全体に指定した。この時、赤のヒートマップと比較して緑のヒートマップが濃く表示されたため、上記の結論に至った。

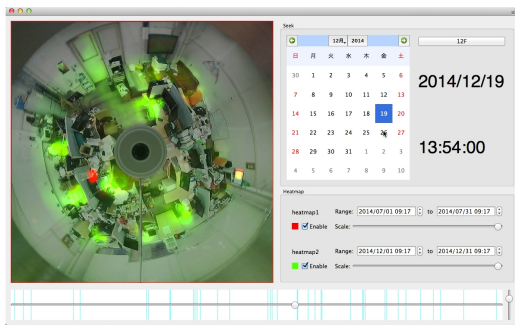


図 13 P4 は年末にも研究室に人がいることに気付いた  
Fig. 13 P4 was aware that some students were in the laboratory at the end of the year.

## 6. まとめと今後の課題

本研究では、我々がこれまで開発してきた長期定点カメラ映像の分析を支援するシステムを改良し、改良したシステムを用いた被験者実験によりユーザによる分析のプロセスおよびシステムの機能がもたらすユーザの気付きを明らかにした。

今回は、被験者が普段居室としている部屋の定点カメラ映像（期間：6 ヶ月）を用いて実験を行った。その結果、30 分という短いタスク時間中に被験者自身に関する気付きのみならず、他人や部屋の様子に関する気付きも得ることができた。また、A 室は 2014 年 6 月 24 日から、B 室は 2015 年 4 月から現在までのデータがほぼ欠損無く存在する。したがって、今後はより長期間の定点カメラ映像を対象とした評価実験を行うことによって、本システムの有用性を調査していくことを考えている。さらに、廊下や大きな共用部屋など、多くの他人が通る場所の定点カメラ映像を用いることによって得られる知見も調査する必要がある。今回の実験における被験者はコンピュータサイエンスを専攻していたが、異なるバックグラウンドの被験者に使用してもらった実験も行う。また、動植物の観察、あるいは火山活動等の自然現象の観察のために定点カメラが用いられることがあるため、これらから得られる長期定点カメラ映像の分析に本システムを活用できるか調べることも今後の課題である。

## 参考文献

- [1] Corporation, N.: Fieldanalyst: <http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/fieldanalyst/>.
- [2] Xing, Y., Wang, Z. and Qiang, W.: Face tracking based advertisement effect evaluation, in *Image and Signal Processing, 2009. CISP'09. 2nd International Congress on*, pp. 1–4 (2009).
- [3] Leykin, A.: *Visual human tracking and group activity analysis: A video mining system for retail marketing*, PhD thesis, Department of Computer Science and Cognitive Science, Indiana University (2007).
- [4] Wong, P. C. and Thomas, J.: Visual analytics, *IEEE Computer Graphics and Applications*, No. 5, pp. 20–21 (2004).
- [5] Thomas, J. J., Cook, K., et al.: A visual analytics agenda, *Computer Graphics and Applications, IEEE*, Vol. 26, No. 1, pp. 10–13 (2006).
- [6] Nogami, R., Shizuki, B., Hosobe, H. and Tanaka, J.: An Exploratory Analysis Tool for a Long-Term Video from a Stationary Camera, in *Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Monitoring & Surveillance Research*, Vol. 2 of *ISMSR '12*, pp. 32–37 (2012).
- [7] 野上僚司, 志築文太郎, 細部博史, 田中二郎: 差分画像を用いた定点カメラ映像分析支援インタフェース, pp. 523–526, 一般社団法人情報処理学会 (2011).
- [8] Romero, M., Summet, J., Stasko, J. and Abowd, G.: Viz-A-Vis: Toward Visualizing Video through Computer Vision, *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, Vol. 14, No. 6, pp. 1261–1268 (2008).
- [9] Romero, M., Vialard, A., Peponis, J., Stasko, J. and Abowd, G.: Evaluating Video Visualizations of Human Behavior, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pp. 1441–1450, New York, NY, USA (2011), ACM.
- [10] Kubat, R., DeCamp, P. and Roy, B.: TotalRecall: Visualization and Semi-automatic Annotation of Very Large Audio-visual Corpora, in *Proceedings of the 9th International Conference on Multimodal Interfaces*, ICMI '07, pp. 208–215, New York, NY, USA (2007), ACM.
- [11] Li, Y. and Merialdo, B.: VERT: Automatic Evaluation of Video Summaries, in *Proceedings of the International Conference on Multimedia*, MM '10, pp. 851–854, New York, NY, USA (2010), ACM.
- [12] DeCamp, P., Shaw, G., Kubat, R. and Roy, D.: An Immersive System for Browsing and Visualizing Surveillance Video, in *Proceedings of the International Conference on Multimedia*, MM '10, pp. 371–380, New York, NY, USA (2010), ACM.
- [13] Buono, P. and Moro, A.: Analyzing Video Produced by a Stationary Surveillance Camera, in *Proceedings of the International Conference on Distributed Multimedia Systems*, DMS 2011, pp. 140–145 (2011).
- [14] Laput, G., Lasecki, W. S., Wiese, J., Xiao, R., Bigham, J. P. and Harrison, C.: Sensors: Adaptive, Rapidly Deployable, Human-Intelligent Sensor Feeds, in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp. 1935–1944, New York, NY, USA (2015), ACM.