

市民参加型地域見守りシステムに適した  
ネットワーク対応ドアホン型防犯カメラの開発田北啓洋<sup>1</sup>\*, 吉田 海象<sup>1</sup>, 吉浦紀晃<sup>2</sup>, 太田直哉<sup>1</sup>, 藤井雄作<sup>1</sup><sup>1</sup>群馬大学大学院理工学府<sup>2</sup>埼玉大学大学院理工学研究科

\* &lt;takita@gunma-u.ac.jp&gt;

**要旨:** 町内会や学区などの自治会単位での市民参加型地域見守りに適したe自警ネットドアホン（プライバシーに配慮した運用が可能なネットワーク対応ドアホン型防犯カメラ）を開発した。e自警ネットドアホンは、画像の暗号化による画像を不正に取得した者による閲覧を防ぐ機能と閲覧行動の完全な記録によるシステム運用者の悪用を防ぐ機能の2つのプライバシー保護のための機能を有している。小型ボード型コンピューター Raspberry Piをベースに、USBカメラ・USBメモリ・タッチパネルディスプレイを組み合わせることで試作機を作製した。試作機を用いてe自警ネットドアホンのコンセプトが確認され、アンケート調査によりe自警ネットドアホンが市民参加型地域見守りシステムに適した防犯カメラシステムであることが示された。

## 1. はじめに

近年、防犯カメラの設置台数が増加し、凶悪犯罪の捜査に利用され、事件解決につながる事例が増えている。そのため、繁華街や駅構内など、これまで防犯カメラの設置が進められてきた場所以外の場所にも、防犯カメラの設置が望まれている。著者らが全国の1788自治体（うち、944自治体が回答）に対して行ったアンケート結果<sup>1</sup>では、今後計画されている防犯カメラの設置のうち、80%近くが「通学路」という側面を主に考えて設置するという結果が得られた。このように、自治体（都道府県・市町村）が主体となって、防犯カメラを設置することで地域の安全を守るという動きが始まっている。同様に、より身近な自治会（町内会等）においても、住民が一丸となって地域防犯に取り組む中で、防犯カメラを活用することが重要となっている。

防犯カメラを地域の安全向上に役立てるためには、個人の敷地の中だけではなく、道路上を視野に収めることが必要になる。その場合、道路上を歩いている人が無差別に防犯カメラで撮影されるため、歩行者のプライバシーの侵害という問題が生じる。周辺住民のうち、誰か一人でも強く反対する者がいると防犯カメラの設置は困難であるため、プライバシーに配慮した防犯カメラの運用が必要である。自治体によっては、「防犯カメラの設置および運用に関するガイドライン」<sup>2</sup>を制定しているところも存在するが、ガイドラインのみでは、本当に正しく運用されているかどうかは保証されない。そこで我々は、暗号化機能によりプライバシーに配慮した運用が可能な「e自警カメラ」<sup>3,4</sup>を開発し、社会実験によりその防犯効果とプライバシー保護機能の検証を行ってきた。その中で、暗号化によるカメラの所有者と画像を見ることのできる閲覧権者の分離はプライバシー保護に有効であることを明らかにした。一方で、e自警カメラは電源のみで動作可能であるものの、電線を近くまで引く必要があったり、カメラの設置が建物の外観に影響を与えたりするなど、一般家庭への設置に問題となる場合も存在する。この問題を解決し、市民参加型地域見守りシステムに適した防犯カメラとして、既存のドアホンとe自警カメラの機能を併せ持つ「e自警ドアホン」を開発した。

e自警ドアホンは、プライバシー保護に配慮した防犯カメラ「e自警カメラ」の機能を取り入れたドアホン型防犯カメラである。このドアホンは、呼出ボタンが押された際は、一般的なテレビドアホンとして動作し、外の様子が室内ユニットに映し出され、その映像が暗号化無しで内蔵のSDメモリカードに保存される。この時の映像は、後から室内ユニットを操作して閲覧することができる。一方で、呼出ボタンが押されていない場合は防犯カメラとして動作し、外の映像を24時間撮影し、暗号化してSDカードの別領域に記録する。この画像は室内ユニットからは閲覧することは出来ない。事件や事故などで映像が必要となった際に、SDカードを本体から抜き出し、専用のビューワーソフトとパスワードを使って暗号化を解除して捜査に役立てることができる。自治会と協働で行われた社会実験<sup>5</sup>においては、自治会では、パスワードを各家庭で統一し、自治会の長や定められた担当者だけがパスワードと閲覧ソフトを持つこととした。何も事件や事故が無い際は、防犯カメラに記録された映像は誰にも見られることなく、一定期間後に消去される。事件や事故が起こった際は、映像を確認する必要のある家庭のe自警ドアホンの記録媒体（SDカード）を自治会のメンバーが回収し、担当者がパスワードと専用ソフトで暗号化解除して映像を閲覧して確認する。そして、必要に応じて警察に提供する流れと

なっている。社会実験で実施された住民に対するアンケートでは、地域を見守る防犯カメラにはプライバシー保護機能が必要であり、e自警ドアホンのコンセプトはプライバシーを保護する方法として有効であるとの回答を得ることができた。しかしながら、社会実験を終えて問題として浮かび上がってきたのは、e自警ドアホンの機能の不足と対応速度の向上であった。特に、対応速度については、事件事故があった際に、自治会のメンバーが各家庭を回ってSDカードを回収する必要がある、事情の説明や移動で大きなタイムラグが生じる。これは、子供の誘拐や、高齢者の行方不明など一刻を争う問題に対し解決すべき課題である。その解決方法として第一に挙げられるのが防犯カメラのネットワーク対応であるが、防犯カメラのネットワーク化には新たにプライバシーの侵害につながる問題が生じてくる。

e自警ドアホンのように映像をカメラ本体内のメモリに記録しておき、必要となった際に参照されるタイプの防犯カメラに関して、プライバシーの侵害が生じるケースとして考えられるのが、「①画像を閲覧する権限のない第三者による画像の閲覧」と「②画像を閲覧する権限を持つ者による悪用」である。①の問題は、防犯カメラ内の画像を第三者が不正に入手（メモリの盗難、ハッキング等）して、それを見ることができてしまうことである。e自警ドアホンにおいては前述のように、画像の暗号化とその解除パスワードを、閲覧権を有する者のみが所持することにより解決している。②の問題は、閲覧権限を持つ者自身が事件や事故の調査以外に、悪用・濫用（ストーキングや盗み見等）する事である。e自警ドアホンでは、閲覧にかかる手間（住民への事情説明とSDカードの回収等）により、間接的に悪用・濫用を抑えることができていた。ところが、e自警ドアホンがネットワーク対応になり、この「閲覧にかかる手間」が軽減されると、②の問題への本格的な対処が必要となる。

「②画像を閲覧する権限を持つ者による悪用」の解決方法として、我々は、「閲覧行動の完全な記録」を提案している<sup>9)</sup>。閲覧行動の完全な記録は、閲覧権者が画像を閲覧しようとする際は、信頼できる第三者機関が運用する記録サーバに「いつ、誰が、何の目的で」画像を閲覧するのかといった「閲覧情報」を必ず記録するようにすることで、運用の透明性を確保する手法である。閲覧情報の履歴を後から検証することで、悪用・濫用があった際はそれが明らかとなるため、閲覧権を持つ者による悪用を抑止することができる。我々は、このコンセプトをe自警ドアホンに組み入れて「e自警ネットドアホン」を開発することにした。

本論文では、e自警ドアホンをネットワーク化したe自警ネットドアホンのコンセプトを示し、プライバシー保護の手法について述べる。そして、コンセプトを実証するための試作機を作製し、試作機を用いた動作テストを実施する。最後に、本コンセプトに関するアンケート調査の結果からe自警ネットドアホンが市民参加型の地域見守りに有効であることを示す。

## 2. e自警ネットドアホンのコンセプト

e自警ネットドアホンに必要な機能は以下の通りである。

- A) e自警ドアホン同様、呼出ボタンが押された際は通常のビデオドアホンとして動作し、押されていない際は防犯カメラとして外の様子を記録する。
- B) インターネットとつながり、ネットワーク経由で画像にアクセス可能である。
- C) 「①画像を閲覧する権限のない第三者による画像の閲覧」と「②画像を閲覧する権限を持つ者による悪用」に対応した二種類のプライバシー保護機能を持つ。
- D) 既存のドアホンと容易に置き換えられるよう接続は2線式である。

C)のプライバシー保護手法について、①に対してはe自警ドアホンと同様に画像の暗号化によるプライバシー保護を、②に対しては、「閲覧行動の完全な記録」を用いる。図1にe自警ネットドアホンにおける画像閲覧の流れを示す。はじめに、市役所職員や自治会の役員など閲覧権を与えられた者は、特別な閲覧ソフトをインストールしたパソコン（閲覧装置）に利用者ID、閲覧対象カメラ、閲覧したい日時の範囲、閲覧理由等の「閲覧情報」を入力し、信頼できる第三者が運用する記録サーバ（本研究では埼玉大学に設置されたサーバ）に閲覧申請を送信する。閲覧申請を受けた記録サーバは申請内容を記録し、許可コードを閲覧装置に返信する。許可コードを受けた閲覧装置は許可コードを対象のe自警ドアホン親機に送信する。e自警ドアホン親機は許可コードを確認し、指定された範囲の暗号化された画像を閲覧装置に送信する。閲覧装置では受け取ったファイルを閲覧権者だけが知らされているパスワードを用いて復号し、画像を閲覧する。これにより犯罪捜査や行方不明者の追跡に画像を役立てることができる。一方で、記録サーバに記録された閲覧情報は、サーバに残され、後でシステムが適切に運用されているかどうかの検証に用いられる。あるいは、この記録をインターネット上で公開することにより、一般市民の検証を随時受けられるようにしても良い。こうした場合、システムの運用に対して非常に高い透明性が得られると考えられる。そのため、本研究では実証実験中の閲覧行動も全てインターネット上で公開している。

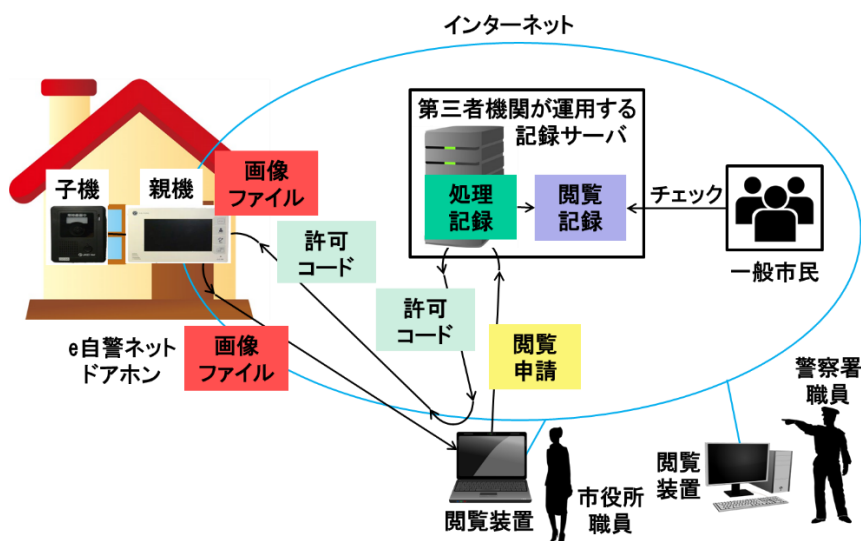


図1 e自警ネットドアホンにおける画像閲覧の流れ

e自警ネットドアホンのコンセプトの確認のため、試作機を作製し動作テストを実施した。図2にe自警ネットドアホンの親機と子機の構成を示す。試作機では開発速度の向上のため、小型のボード型コンピューターRaspberry Pi3をベースとして、USBメモリ、USBカメラ、スピーカー、マイク、ディスプレイを組み合わせた。子機の呼出ボタンスイッチは、Raspberry Piの汎用デジタル入出力（GPIO）に接続してオン・オフの判定を行った。子機と親機の物理的な接続は電源ラインの2本のみとし、ネットワーク接続にはRaspberry Pi 3内蔵の無線LANを用いた。子機と親機を1対1で接続するアドホックモードも利用可能であるが、実証実験ではインターネットとの接続を考慮して無線LANルータを介して接続した。図3に試作機の外観を示す。親機はマイク、スピーカー、タッチパネルディスプレイで構成され、子機はマイク、スピーカーの他にカメラと呼出ボタンで構成されている。子機のカメラで撮影された画像は無線LANを通して親機に送られ、暗号化されてUSBメモリに保存される。この画像は親機から直接閲覧することは出来ない。一方で、子機の呼出ボタンスイッチがオンになると、その信号が無線LANを経由して親機に送られ、親機側でチャイム音が再生される。タッチパネルディスプレイに表示されているViewボタンを押すと、画像が表示されるとともに音声通話が開始される。会話が終了して、タッチパネルディスプレイのStopボタンを押すと画像は表示されなくなり、初めの状態に戻る。

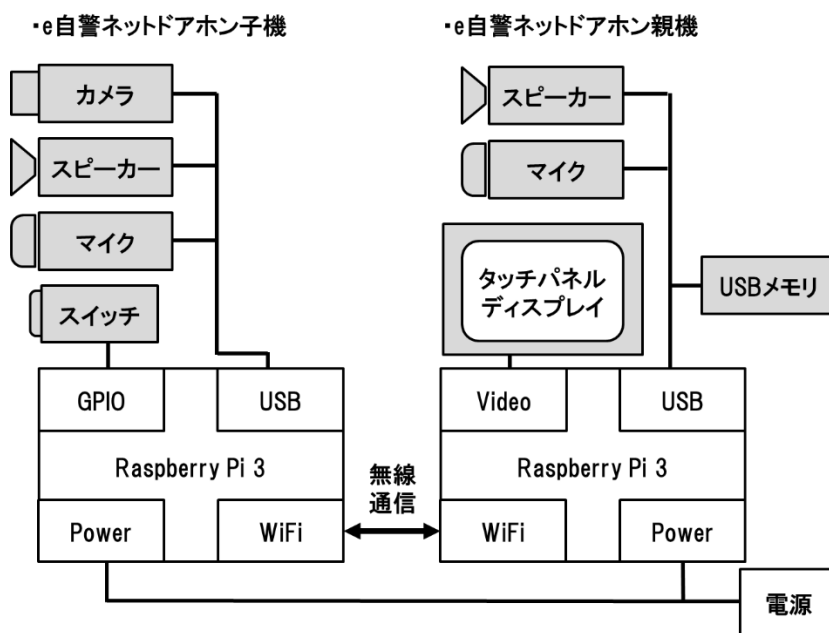


図2 e自警ネットドアホン構成図

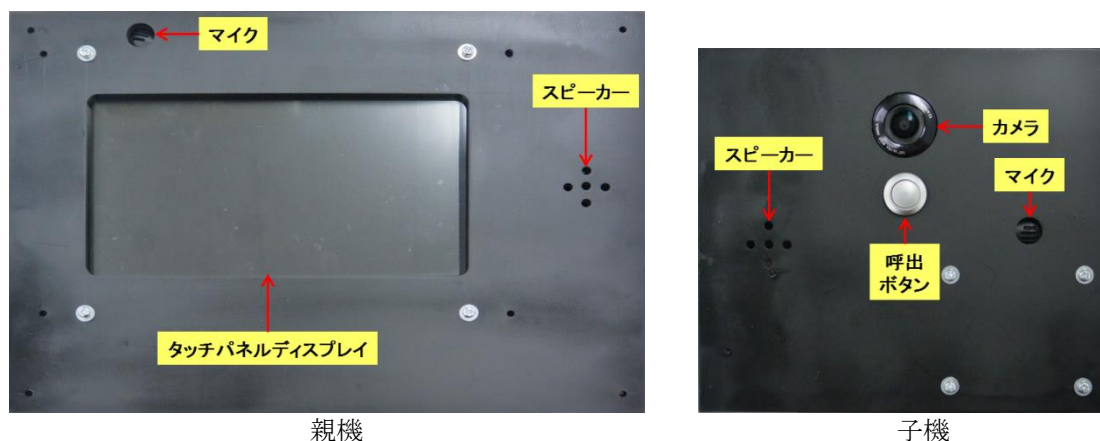


図3 e自警ネットドアホン試作機外観図

図4に実証実験として家屋に設置されたe自警ネットドアホンの試作機の設置状況と動作テストの様子を示す。試作機は二本の電源線の接続で動作し、家屋の無線LANルータを介してネットワーク接続された。呼出ボタンを押した際に呼出音が再生され、親機のViewボタンを押して外の様子が映し出されることを確認した。映像よりも音声通話を優先させており、映像のフレームレートは約2 fpsであった。

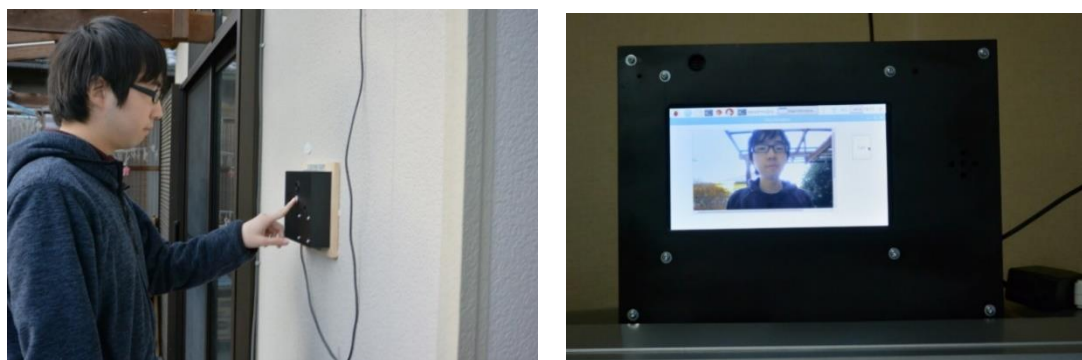


図4 e自警ネットドアホン動作テストの様子

図5(a), (b)に閲覧装置による閲覧申請と画像閲覧の様子を示す。図5(a)に示すように、閲覧申請は利用者のユーザID、閲覧期間、閲覧カメラ、閲覧理由が記録サーバへ送信される。記録サーバから閲覧許可が得られた場合、図5(b)に示す閲覧画面へ移行する。実証実験では閲覧理由によらず全て許可されるが、実際の運用では閲覧理由によって許可する・しないを分けて運用することも可能である。閲覧画面では、カメラと日時を選択することで閲覧する画像を切り替えることができる。1枚目の画像を表示する際は、パスワードの入力を求められ、カメラに設定されていた暗号キーと一致した場合に限り画像が表示される。2枚目以降は、同じパスワードの画像の場合、再入力無しで表示されるが、カメラを切り替えるなどして別のパスワードで暗号化された画像を表示する場合は、再度パスワードの入力が求められる。

記録サーバに送られた閲覧申請は、全て記録され、実証実験ではインターネット上で公開される。図5(c)にインターネットで公開されている閲覧申請の履歴を示す。本実証実験では、自治会での運用を模擬して著者らがそれぞれ自治会の役員や市民の役割を割り振られてIDを割り当てられている。著者の一人、町内会役員役の吉田(Chonai\_100A03\_Yoshida)が、e自警ネットドアホン(シリアル番号: NeJkc1000B0052)に動作テストとしてアクセスした記録が公開されている。このように、誰が、いつ、どのカメラの、どの期間の画像を、何の目的で閲覧したかが記録され検証可能になることで、ネットワーク型防犯カメラの運用の透明性が飛躍的に高まり、多くの市民に抵抗感なく受け入れられることが期待される。

### 3. e自警ネットドアホンに関するアンケート調査

本研究では、e自警ネットドアホンのシステムを一般市民の方に理解してもらい、全国的な導入に繋げることが重要である。そこで、2018年2月3日に群馬大学で開催された一般市民向けの防犯セミナー「安心・安全まちづくりセミナーin桐生2019」において、e自警ネットドアホンについてのポスター発表を行い、一般市民を含

む参加者にアンケート調査を実施した。回答者数は17名である。アンケートの質問の概略と回答のまとめを以下に示す。

**問1：**防犯カメラにネットワーク機能は必要か？

**回答1：**「必要」，「比較的必要」であるとの回答があわせて88%になった。迅速な事件解決のため，ネットワーク機能が必要とされていると考えられる。

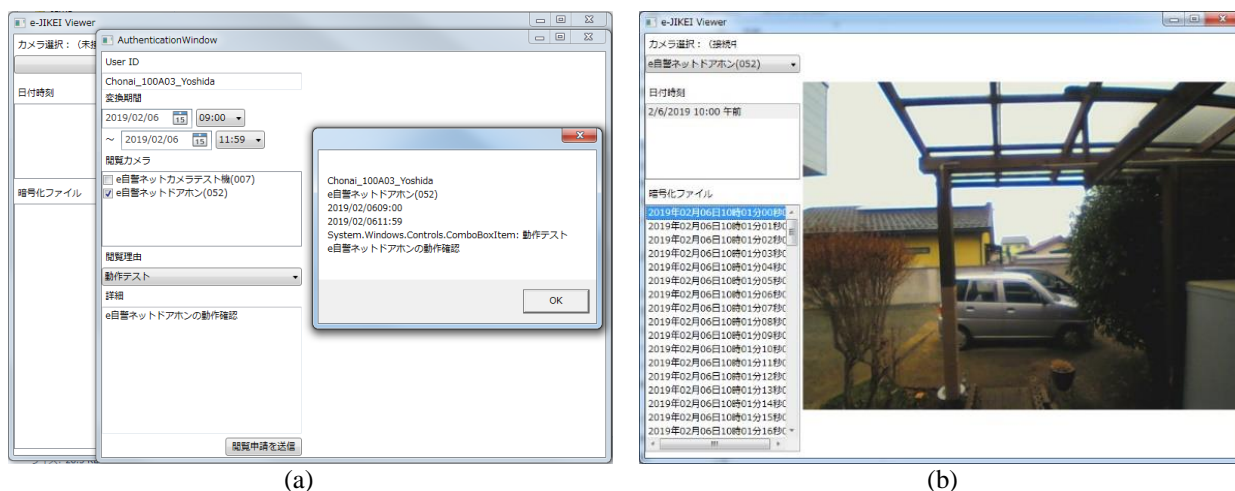
**問2：**閲覧行動の完全な記録とそのインターネット上での公開によって悪用は抑止されるか？

**回答2：**「抑止される」，「比較的抑止される」との回答が88%となった。本実証実験のシステムで「運用者による悪用」を抑止することができると市民に納得してもらえると予想される。

**問3：**e自警ネットドアホンを自宅に設置したいか？

**回答3：**76%の方が「設置したい」と回答した。設置に伴うコストについて自己負担の割合を尋ねたところ，「全額補助があれば」との回答が46%，「一部補助があれば」との回答が54%となり，「全額自己負担」で設置したいという回答はゼロであった。防犯カメラの設置を推進するためにも，行政等の補助が必要であることがわかった。一方で，「設置したくない」と回答した理由は，「家族がこのような複雑なシステムに弱い」「家族の了承が得られない」「まだ説明不足である」であった。今後，ネット上でわかりやすく情報展開していく必要がある。

また，自由記入欄において「ネットドアホンが機能していることを周囲にアピールする機能があれば防犯効果が高まる」との意見があった。現状は，e自警ネットドアホンやその他の我々が実験を行っているカメラの近くには「防犯カメラ稼働中」と書かれた張り紙を掲示しており，その張り紙中のQRコードによりそれぞれの実験に関するWEBサイトへアクセスできるようになっている。しかし，張り紙だけでは訴求力が弱く，気付かれない場合も多いため，より能動的に防犯カメラから存在感をアピールする必要があると思われる。



閲覧記録一覧 (List of browsing events)

閲覧申請日時 (Date of request of browsing)	ユーザID (User ID)	カメラID (Camera ID)	閲覧開始時期 (Beginning time of browsing)	閲覧終了時期 (Ending time of browsing)	閲覧理由 (Reason of browsing)	詳細理由 (Detailed reason)
2019年02月11日 12時59分49秒	Chonai_100A03_Yoshida 吉田 海象 (織姫市七夕町 役員)	NeJKC1000B0052	2019/02/0609:00	2019/02/0611:59	System.Windows.Controls.ComboBoxItem: 動作テスト	e自警ネットドアホンの動作確認
2019年02月11日 11時00分40秒	Chonai_100A07_Ohki 大木 秀紀 (織姫市七夕町 役員)	NeJKC1000AA0003 NeJKC1000AA0005 NeJKC1000AA0008 NeJKC1000AA0007	2016年11月2日 15:00	2016年11月2日 16:59	その他 (詳細を下記に記入)	画像確認のため

図5 閲覧ソフトによる(a)閲覧申請と(b)画像表示，(c)サーバに記録された閲覧行動の履歴

#### 4. e自警ネットドアホンの課題

e自警ネットドアホンの試作機によりコンセプトの正しさ(=プライバシーを守った運用が可能なこと)を確認することができたが、試作機には実用に供する前に解決すべき問題が多くある。ひとつは会話のラグである。現在の試作機では、映像で約0.8秒、音声で約0.5秒の遅れが存在する。これは、ドアホンの親機子機と無線LANルータのあいだの距離が離れているため通信品質が低下していることと、通信のバッファリングによるものと考えられる。大きな遅れは会話に支障をきたすため、可能な限り遅れを短縮する必要がある。また、常時無線LANを介して子機から親機へカメラ画像を送信しているため、無線LANルータの帯域を常時占有している。この2点の問題点を解決するため、電源線を介して通信を行う電力線通信を導入し、より高速な有線通信を行えるようにする必要がある。また、インターネットとの接続について、家庭に引かれている回線の仕様によっては、現在のままでは利用できない可能性がある。現システムでは、インターネット側から親機へ直接アクセスできる必要があるため、固定IPが割り振られた回線で、ルータ側でポートフォワーディング等の設定が必要になる。今後、e自警ネットドアホンを一般家庭に広く普及させるためには、様々な種類の回線環境に適応し、簡単に取り扱える必要がある。そのため、Universal Plug and Play (UPnP)を用いたポートフォワーディングの自動化、グローバルIPアドレスの変動の通知、中継サーバを利用してのカメラ側からインターネットへアクセスする方式への転換、等の改良が必要である。これらの改良を行い、実用に値する試作機が完成した後に、e自警ネットドアホンを多数用いた社会実験を自治体・自治会や警察と共同で実施し、本システムが広く普及することを目指す。

#### 5. おわりに

本論文では、市民参加型の地域見守りシステムに適した防犯カメラとしてe自警ネットドアホンのコンセプトとそのプライバシー保護手法を解説した。本システムでは、記録画像の暗号化と閲覧行為の完全な記録という2種類のプライバシー保護機能により、第三者による悪用と運用者による悪用を抑制する。このコンセプトの確認のため試作機を製作し、実証実験を行った。ドアホンとしての機能とプライバシー保護機能付ネットワーク防犯カメラとしての動作が確認され、画像の閲覧行為は記録サーバに記録されインターネットから閲覧できることが確認された。防犯セミナーにおいて採集されたアンケートにより、e自警ネットドアホンの有効性が確認され、市民に受け入れられるであろう事がわかった。一方で、試作機にはまだ解決すべき課題があり、今後はこれらを改善して大規模な社会実験を実施する予定である。

#### 謝辞

本研究は、公益財団法人LIXIL住生活財団とKDDI財団の助成の下で実施された。ここに深く感謝する。

#### 参考文献

- 1) 吉浦紀晃, 加藤蒼悟, 田北啓洋, 太田直哉, 藤井雄作, “通学路への防犯カメラの導入に関するアンケート結果の分析”, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 3, pp. 1106-1118 (2018).
- 2) “防犯カメラの設置及び運用に関するガイドライン - 群馬県”, <https://www.pref.gunma.jp/05/c0110093.html> (最終閲覧日: 2019年12月22日)
- 3) Y. Fujii, N. Ohta, H. Ueda, Y. Sugita and K. Maru, “New Concept Regarding Management of Security Cameras”, Journal of Community Informatics, Vol. 4, No. 3 (2008).
- 4) 田北啓洋, 村松公祐, 丸浩一, 上田浩, 吉浦紀晃, 太田直哉, 藤井雄作, “防犯カメラ画像の暗号化によるプライバシー保護とセキュリティ確保の両立”, 社会安全とプライバシー, Vol. 1, No. 1, pp. 19-25 (2017).
- 5) 藤井雄作, 田北啓洋, 加藤蒼悟, 太田直哉, 吉浦紀晃, 澤野勝利, 高橋純一, “常時録画型TVドアホンをを用いた市民参加型地域見守りシステムの提案”, 社会安全とプライバシー, Vol. 2, No. 1, pp. 10-18 (2018).
- 6) Y. Fujii, N. Yoshiura, N. Ohta, A. Takita, H. Ueda and K. Maru, “Abuse prevention of street camera network by browsing-history disclosure”, Journal of Community Informatics, Vol. 12, No. 1, pp. 152-156 (2016).
- 7) 吉田海象, 田北啓洋, 藤井雄作, 閲覧行動の記録による悪用の防止とプライバシー保護に配慮した防犯ドアホンの開発, 安心・安全まちづくりセミナーin桐生2019 講演論文集, [http://conf.e-jikei.org/SeminarKiryu2019/papers/Seminar2019\\_KaizoYoshida\\_20190127.pdf](http://conf.e-jikei.org/SeminarKiryu2019/papers/Seminar2019_KaizoYoshida_20190127.pdf)



田北啓洋 TAKITA, Akihiro

群馬大学大学院理工学府

2006年3月徳島大学大学院機能システム工学専攻博士後期課程修了。徳島大学および宇都宮大学の研究員を経て、現在は群馬大学理工学府において助教に就任。主な研究分野は防犯カメラシステム、フェムト秒レーザー加工、干渉計測、精密計測。博士（工学）。



吉田海象 YOSHIDA, Yoshida

群馬大学大学院理工学府

2019年群馬大学大学院理工学府博士前期課程知能機械創製理工学教育プログラム修了。



吉浦紀晃 YOSHIURA, Noriaki

埼玉大学大学院理工学研究科

1991年東京工業大学工学部情報工学科卒。1997年同大大学院博士課程単位取得退学。東京工業大学助手、群馬大学助教授を経て、現在、埼玉大学理工学研究科准教授。ソフトウェア検証やネットワーク運用技術の研究に従事。博士（学術）。



太田直哉 OHTA, Naoya

群馬大学大学院理工学府

1985年3月東京工業大学大学院物理情報工学専攻博士前期課程修了。三菱総合研究所、日本電気株式会社を経て現在群馬大学理工学府教授。1991年米国マサチューセッツ工科大学客員研究員、2004年豪州アデレード大学客員研究員。主な研究分野は画像処理、コンピュータビジョン、パターン認識。博士（工学）。



藤井雄作 FUJII, Yusaku

群馬大学大学院理工学府

1991年3月東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。2001年東京大学より博士（工学）の学位修得。川崎製鉄株式会社、工業技術院計量研究所、産業技術総合研究所を経て、現在群馬大学理工学府教授。2004年よりNPO法人e自警ネットワーク研究会理事長、2012年より宇宙航空研究開発機構客員研究員。精密計測、光波干渉計、防犯カメラシステムなどが専門。