

⑥ IoT 子ども見守りシステム —安心安全な街づくり—

袖美樹子 | 国際高等専門学校

加藤孝浩 | NECソリューションイノベータ (株)

子ども見守りの社会課題

少子高齢化に伴い、子ども見守りが重要な社会的課題となっている。図-1に行方不明者届の受理件数の推移を示す。行方不明者は年々増加していることが確認できる。また、図-2に行方不明者の年齢別割合を示す。若い世代、高齢者の割合が高いことが分かる。

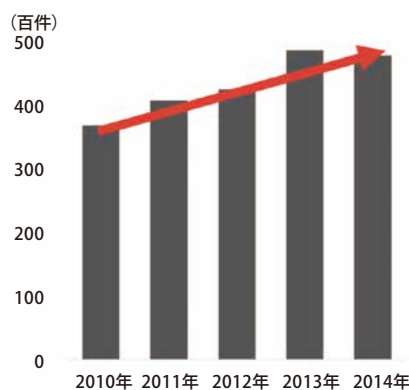


図-1 行方不明者届の受理件数の推移¹⁾

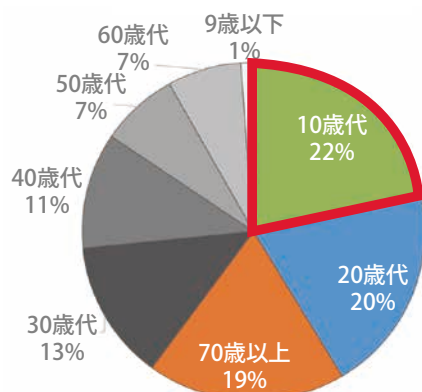


図-2 行方不明者の年齢別割合²⁾

保護者や地域団体が連携した通学路の防犯パトロール活動による子ども見守りが行われている。しかし、従来の子ども見守り活動に限界が生じ、「地域の目」が減少した結果、学校から距離のある自宅周辺で子どもが1人で歩く「1人区間」等において、「子ども見守りの空白地帯」が生じている^{☆1}。

子ども見守りシステムとして、現在ICタグや交通系カード等特殊な装置を持ち歩くことにより見守りを行うサービスが展開されている。特殊な機器を持ち歩くのは面倒で忘れる可能性がある。ICタグ等の機器の場合、充電等の手間も必要である。また、特殊装置を身に着けていない場合、見守りを行うことができないという課題がある。高齢者見守りへの展開を考えた場合、高齢者に何かを持たせることは難しいため問題である。このため、特殊な機器を必要としないシステムが望まれている。

監視カメラで見守るサービスでは、カメラが目立ち「監視されている」と意識するため利用者の心理的負担が大きい。そのため、多くの場合、学校の校門にのみ設置されており、限られた場所での見守りとなっている^{☆2☆3}。また、学校から家までの経路を

☆1 内閣府登下校防犯ポータルサイト、<http://www8.cao.go.jp/youth/bouhan/index.html> (2018/10/25 参照)

☆2 地域児童見守りシステムモデル事業 事例集、平成21年1月総務省情報流通行政局情報通信利用促進課、http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/top/local_support/pdf/ict_service_kids2.pdf (2018/10/25 参照)

☆3 児童見守りアプリケーションの課題対策事例集、全国地域情報化推進協会アプリケーション委員会 安心・安全WG、地域の安心・安全アプリケーション検討サブWG、https://www.applic.or.jp/app/ap_2010seikapdf/APPLIC-0003_2%20mimamori%20AP%20kadaitaisakujireishuu.pdf (2018/10/25 参照)

含めた見守りが希望されており、見守りを行う範囲を広げることが望まれている。

以下に従来手法の課題を示す (図-3 参照)。

見守られる側の課題

見守られる側が IC タグ等の特殊な機器を持ち歩く必要があり負担となる。また、忘れた場合は見守りができない。特殊な機器を持ち歩く必要がないカメラによる見守りの場合は「監視されている」という心理的負担があり、導入を困難にしている。

見守る側の課題

前述の心理的負担により、見守り機器の設定場所が限られ、継続した見守り情報をフォローアップできず、見守る側はかえって不安になる。情報を個人が特定できない特微量で管理しても、蓄積・トレースすることで、推測によって個人を特定される危険性があり、プライバシー保護を不安視する声が挙がっている。たとえば、ID3283547 番は 6 時に A バス停、6 時 15 分に B バス停を通過している。この経路は、A 中学から部活を終えて C 塾に行く経路だ。C 塾に通っている生徒は D さん、F さんだ。D さんは 15 日風邪でお休みだったから、この ID は F さんに違いないといった推測が、近隣の状況をよく知っている人であれば可能かもしれないという不安である。

運用費用の課題

IC タグ等の特殊な機器が必要な見守りでは、新

入生への配布、破損・紛失時に再配布が必要になり、運用コストが課題である。加えて設置するタグリーダーが特殊な機器となるため、見守り用に別途運用費用が発生している。

賢いバス停機能概要

賢いバス停³⁾を用いた子ども見守りを行う。賢いバス停とは、従来はバスの停留所ではなかったバス停を、住民の安全安心を確保するための機能を持った IoT 拠点である賢いバス停として再定義し、身近なバス停を IoT 化する (図-4 参照) ことで、新たなインフラ投資を抑えながら、住みやすい地域を支える IoT システムの実現を目指したバス停である。子ども見守りは、賢いバス停の 1 つの機能である。

近年、日本は自然災害の被害や行方不明者などの社会問題が顕著化している。これらの問題に対して、バス停という市民にとって身近で、誰もが使いやすい設備を情報端末化することで社会問題の解決に取り組みつつ、市民サポートの効率化にも貢献しようという試みである。バス停に設置する情報端末は、最低限必要な時刻表の表示に加えて、乗り換え案内や子どもの見守り、災害発生時の情報提供や避難誘導、商業施設の広告や石川県野々市市の市の広報等の機能を提供する。子どもの見守りや広告機能には顔認識技術を取り入れ、子どもの識別やマーケ

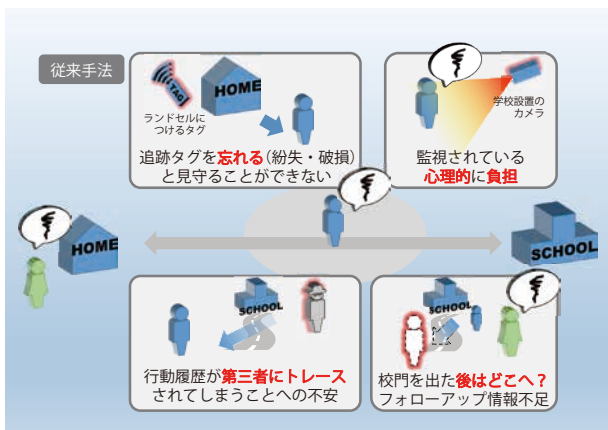


図-3 従来手法の問題点



図-4 賢いバス停の実証実験の様子



ティングを行うことを可能とした。災害発生時の情報提供や避難誘導は、ユニバーサルデザインを導入し、近年増加している外国人観光客にも対応可能とした。商業施設の広告や野々市市の広報の機能により市の活性化に貢献できることを目標としている。

賢いバス停の構成を述べる。賢いバス停システムは5つのサブシステムから構成されている。バス停の時刻表・乗り換え案内システム、見守りシステム、災害対策システム、商業施設広告システム、市の広報システムから構成されている。以下に詳細を示す。

時刻表・乗り換え案内システム

時刻表・乗り換え案内システムは、バスの時刻表およびルートを表示、乗り換え案内を行うシステムである。情報端末が苦手な高齢者等が利用しやすいように、音声でも操作が可能となっている。

見守りシステム

見守りシステムは、バス停を通過する子どもや高齢者の位置情報を家族がトレースできる、家族に安心を与えるシステムである。情報端末が苦手な子どもや高齢者を対象としているため、カメラによる個人認証で見守りを行うこととした。

災害対策システム

災害対策システムは、市の災害情報をサーバから受信した際に、バス停から最寄りの避難所への案内表示と音声による避難警告を行う。案内表示と避難警告は多言語に対応しており、日本語と英語の2カ国語による案内を行う。

商業施設広告システム

商業施設広告システムは、市内にある店舗の広告提供を行う。広告の表示は顔認識を用いて、性別、年齢をもとに利用者 に最適な情報の提供を行う。

市の広報システム

市の広報システムは、市の広報情報と天気情報、交通情報の提供を行う。各情報は各種機関のWebページより画像や文字を抽出して、バス停の端末に表示を行う。

子ども見守りシステム構成と特徴

子ども見守りシステムは街に網羅的に配置された賢いバス停を用いて子どもの居場所を通知するシステムである。図-5に子ども見守りシステムの全体像を示す。賢いバス停はカメラを保持しており、カメラ画像を解析してバス停前を通過する子どもの特徴情報を抽出する。賢いバス停はカメラ画像をセキュリティの観点から保存せず、解析が完了したら消去する。子どもの特徴情報はバス停固有のキーを用いて暗号化され、ローカルゲートにPrivate LoRa ネットワークを用いて送信される。ローカルゲートとは、異なるネットワーク同士を接続するネットワーク機器のことで、ここではPrivate LoRa ネットワークとインターネットを接続する機器を指す。賢いバス停は、Private LoRa ネットワークにのみに接続しているため、インターネット経由の情報漏洩の危険性がない。子どもの居場所を知りたい保護者は、Webサイトもしくはモバイル端末から子ども居場所探索の要求を入力する。子ども居場所探索の要求は、クラウドサーバからローカルゲートに送信され、場所が抽出され、抽出された移動ルートのみがクラウドサーバに送信され、保護者に通知される。検索された子ども以外のデータをクラウドサーバに送信しないことで、セキュリティが強化されている。

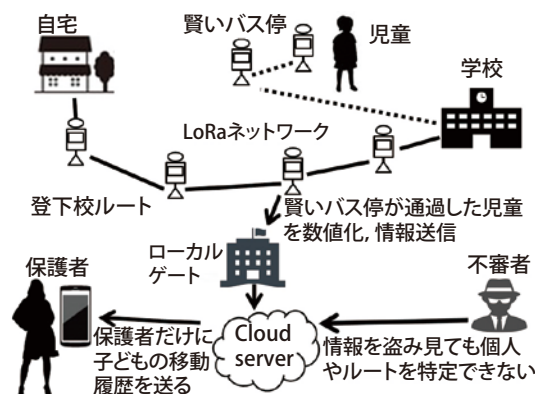


図-5 子ども見守りシステムの全体像

賢いバス停は、エッジコンピューティング技術を用いて子どもの特徴情報を抽出、データサイズを小さくして送信を行う。またローカルゲートはホッグコンピューティング技術を用いて必要な情報のみをクラウドサーバに送信する仕組みとなっている。フォグコンピューティング技術とは、クラウドと大量のIoTデバイスの間にフォグと呼ばれる分散処理を行う環境を実装し、大量のデータを事前段階で処理、クラウドへの一極集中を防ごうとする仕組みのことで、ネットワークのトラフィックが異常に膨れ上がることを防ぐことができる仕組みである。この技術により、価格は安いが大量のデータを送信できないPrivate LoRaと価格の安いカメラでもシステムを構築可能であるためリーズナブルなシステム構築が可能である。

カメラによる特徴情報の符号化

カメラ画像を利用した子ども見守りシステムにおいて、撮影した顔画像等の特徴情報が、悪意のある第三者によるクラッキングといった不正取得によって外部に流出し、個人の行動が特定されてしまう恐れがある。対策として、特徴情報を匿名化し、特定の個人が識別できないように符号化しておくことが考えられるが、たとえ符号化されていても、流出してしまった場合は、不正に復号される恐れや、符号化されている特徴情報を蓄積して推論することで、個人の行動を特定できる恐れ、つまり推論攻撃が可能であることが分かる。

これらの問題を解消するために考案した、特徴情報が流出した場合でも、個人の行動を特定できない特徴情報の符号化の方式を解説する(図-6)。

まず、カメラで撮影した顔画像等から色情報(色相, 彩度, 明度)の分布を解析して数値化する。

次に、数値化した色情報分布をハッシュ計算(符号化)する。ハッシュ計算の非可逆特性により、不正に復号されることを防ぐ。ハッシュ計算には、類似保存特性と多価特性を持たせる。

類似保存特性とは、特徴情報同士の類似度が、ハッシュ計算後も変わらないことを意味する。これによりハッシュ値のまま類似検索が可能となる。

多価特性とは、ハッシュ計算において、同じ特徴情報が同じ結果とならないことを意味する。これにより蓄積した特徴情報同士の関係性を断つことができ、推論攻撃の危険性を下げる。蓄積した特徴情報同士に関係性があると、悪意のある第三者が、複数の特徴情報を蓄積している地点情報から、特定の特徴情報について行動を追跡し、復号しなくても個人の特定ができるためである。たとえば、「この時間、この経路を移動するのは、下校時の〇〇さんの子どもに違いない」という推論の危険性がある。

非可逆特性・類似保存特性・多価特性により、流出した場合でも個人の行動を特定できない特徴情報の符号化が可能である。

データ伝送方式

独自のネットワークを構築可能なPrivate LoRaを賢いバス停間を結ぶネットワークとして採用した。Private LoRaは近年脚光を浴びているLPWA(Low Power Wide Area)の1つである。LPWAとは、低消費電力広域無線通信のことであり特徴は主に3つある。1つ目は低消費電力という点である。2つ目は広域でのデータ通信が可能であるという点である。3つ目は膨大な数のモノと接続可能な点である。

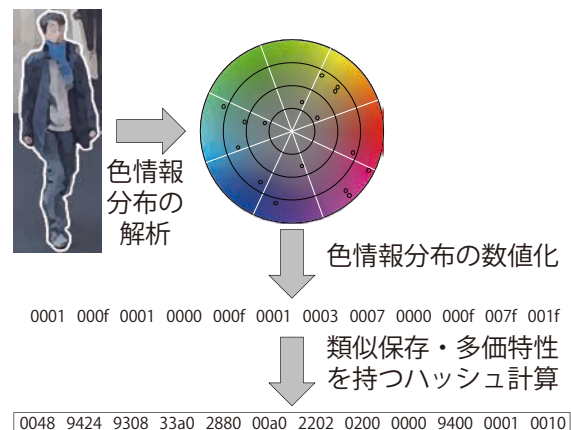


図-6 カメラによる特徴情報の符号化

置し、IC タグや交通系カード等特殊な装置を持ち歩くことなく見守り、対象者の負担を軽減する。「子ども見守りの社会課題」で示した、従来手法の課題に対する本手法での解決方法を以下に示す（図-8 参照）。

見守られる側の解決策

地域を網羅する場所（バス停）にカメラを設置し、見守り対象者が特殊な機器を持ち歩くことなく見守りを行えるようにする。これにより、特殊装置を持ち歩くことが難しい高齢者を対象とした高齢者見守り等へ展開が容易になる。また、カメラに「見られている」と意識して心理的に負担が発生しないよう地域住民が利用するコミュニティバスのキャラクターを模した賢いバス停にカメラを設置し、親しみのあるキャラクター（企業のマスコットや地域のゆるキャラを活用）が見守ることで心理的な負担を減らす。

見守る側の解決策

個人情報保護を保護する仕組みを持った子ども見守りシステムを構築する目的で、映像を保存するのではなく、新たに研究する「バス停に閉じた人物特徴の数値化」技術（バス停に閉じたとは、同一の人物特徴でもバス停ごとに異なる数値となる性質を持ち、数値でバス停間の行動履歴をトレースできない）で、人物特徴値を算出、バス停ごとに異なった数値化を行うことにより、行動履歴を含む個人情報とプライ

バシーの保護と見守りを両立する。IoT ネットワークである賢いバス停が地域を網羅して継続的に見守ることで「その後どうなったか？」の不安を減らす。**運用費用の解決策**

IC タグ等の特殊機器を配布する必要がなく、IoT 機器を広告等他のサービスでも併用し活用することができるため運用費用を抑えることができる。

実証実験と評価

今回考案した方式の有効性を検証するため、地域に身近なバス停（18カ所、4ルート）にカメラを用いた見守り機器を設置し、参加者は1つのルートを歩き、所持する情報端末で自身の移動経路を検索（図-9）する実証実験を実施した。実証実験は親子11組（小学生1～6年生、13名）にご協力いただいた。

まず、符号化していない特徴情報の同一人物の類似度が80%以上となることを確認し、同特徴情報を符号化した結果、類似度は60%付近に分布した。よって閾値を60%とすることで、同一人物の検索が可能である（図-10）。

次に、蓄積している符号化した特徴情報を、閾値60%で検索し移動経路を追跡した結果は、検出率70%であった（歩いた10カ所のバス停中、7カ所

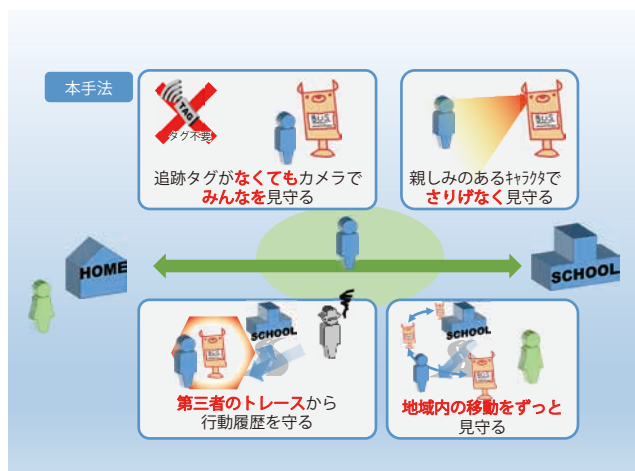


図-8 提案手法の特徴

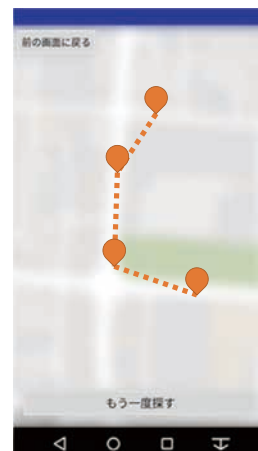


図-9 検索画面のイメージ



を検出)。

検出したバス停と、対象者が移動可能な距離・時間を考慮し、検出できていないバス停への移動も補完することで、より精度の高い個人の移動経路の特定が可能である。

地域を網羅する賢いバス停による子ども見守り

市民生活を見守り、手助けを行うことを目的とした賢いバス停を用いた子ども見守りシステムについて述べた。提案手法では、地域に身近なバス停にカメラを設置し、IC タグや交通系カード等特殊な装置を持ち歩くことなく見守り、対象者の負担を軽減する。親しみのあるキャラクタ型賢いバス停にカメラを設置することで、「カメラに監視されている」という心理的負担を軽減する。個人を特定できない

特徴量を蓄積し行動履歴をトレースすることで、個人を推測・トレースされる危険性が少ない数値化技法を開発し、セキュリティを担保すると同時に、伝送量の少ない Private LoRa ネットワークでシステム構築を可能とした。地域を網羅するバス停にカメラを設置することにより、継続した見守りフォローアップ情報を提供することが可能となり、保護者の不安を軽減できる。

本稿記載の研究開発内容の一部は、総務省 平成 28 年度第 2 次補正予算 IoT サービス創出支援事業「地域を網羅する賢いバス停による見守りサービス事業の創出と展開」^{☆4}の研究成果によるものです。

参考文献

- 1) 警察庁平成 27 年警察白書—行方不明者届の受理件数の推移 (特異行方不明者のみ)。
- 2) 警察庁生活安全局生活安全企画課—平成 26 年中における行方不明者の状況。
- 3) 油野凌真, 小田翔一, 北口知樹, 竹田 翼, 外松俊尚, 吉川和樹, 袖美樹子: コミュニティバス『のっティ』における情報端末バス停の提案, 電子情報通信学会 バイオメトリクス研究会, CS2016-60 IE2016-96, pp97-102 (2016)。

(2018 年 10 月 31 日受付)

^{☆4} 身近な IoT プロジェクト 地域を網羅する賢いバス停による見守りサービス事業の創出と展開, <https://www.midika-iot.jp/project/381/> (2018/10/15 参照)

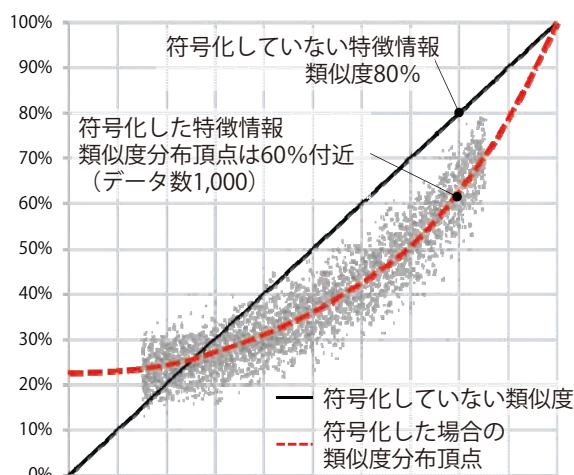


図-10 符号化した場合の類似度分布

袖美樹子 (正会員) sode@neptune.kanazawa-it.ac.jp

早稲田大学博士課程修了。博士 (工学)。2017 年より国際高等専門学校に勤務。農業向け IoT システム, シェアリング向け IoT システム, 公共向け IoT システムの研究に従事。

加藤孝浩 tak-kato@ts.jp.nec.com

1993 年より神戸日本電気ソフトウェア (株) (現 NEC ソリューションイノベータ (株)) に勤務。IoT 機器を活用したアプリケーションに関する研究開発に従事。