

ネットワークの構築が困難な環境における 光学タグを用いた情報収集システム

市原 貴雄^{*1*2} 伊藤 禎宣^{*2} 間瀬 健二^{*2*3} 國藤 進^{*1}

災害時の地下空間など、常設ネットワークの構築と利用が困難な環境において、活動者の安全性向上を目的とする、光学タグを用いた情報収集システムを提案する。本稿では、災害時の地下空間といった特殊な環境において、周囲の安全性情報を取得する場合、不安定なネットワーク経路を利用するより、ユビキタスなデバイス間とダイレクトに通信する方が、安定性の面で有利と考える。そこで、光学的なタグシステムを用いて、対象物を識別し、位置情報や安全性に関わる情報を災害環境で、ダイレクトかつロバストに取得するシステムの実現を目指す。本論文では、提案手法の実装と、災害時の運用を想定した特性評価を示す。また、提案手法の有用性を確認するため、消防官へのインタビュー調査を行ったのでその内容を述べる。

Information gathering system using IR tag in environment with difficult construction of network

Takao Ichihara^{*1*2} Sadanori Ito^{*2} Mase Kenji^{*2*3} Susumu Kunifuji^{*1}

This paper proposes a new Information gathering system using IR tag system that aims for improvement of safety for a person in a basement space during a disaster. In this environment is not able to use a network. A method to get ubiquitous information directly is safer than using a network in this special environment. The proposed method uses an optical tag system, and in this way achieves the getting of safe information directly, locating object's position, lengthen communication range, having the robustness. This paper describes the details on how the proposed method, and shows parameters that make the system robust in practical situations. Moreover, this paper describes an interview to ask a firefighter the usability of this system.

1. はじめに

近年、地下空間（地下街、地下鉄、地下道、地下駐車場）の利用が広がっており、都市再生や都市機能の強化などが進んでいる[1]。それにともない、災害時における被害拡大が懸念されている。過去においては、韓国大邱（テグ）市地下鉄における列車火災事故や大阪天六地下鉄工事現場でのガス爆発事故など、人命に係わる災害に発展する可能性が高い。その要因の一つは、地下空間の特殊な環境のためであり、次のようなもの[2]が挙げられる。

- ①火災・事故時は非常用電源があっても照明が有効でなくなることがある。
- ②地下であるため進入路・脱出口が限定されている。
- ③構造物外部からの情報収集が困難である。

④煙の流動方向と救助・消防活動の進入方向が逆行する。

⑤密閉空間であるため煙や熱が充満しやすい。

このように、地下空間で災害が発生した場合、避難・救助・消防活動が困難な環境であるため、災害時の支援システムが求められている。しかし、既存の災害時支援システムは地下空間を想定したものでないため、そのまま適応するのは難しい。その理由は、停電や通信端末の破損などにより、通信経路が不安定である。また、地下空間では地上からの電波が遮断されるため、無線が使用できないためである。

これに対して、本研究では、光学タグシステムを用いることで、ネットワークを使用しないダイレク

^{*1} 北陸先端科学技術大学院大学 Japan Advanced Institute of Science and Technology

^{*2} ATRメディア情報科学研究所 ATR Media information Science Laboratories

^{*3} 名古屋大学情報連携基盤センター Information Technology Center, Nagoya University

トな情報取得と、実世界への理解度の向上を目指している。それにともない、災害時における状況把握や危険回避が可能になると考えている。

本稿では、災害時の地下空間など、ネットワークの構築と利用が困難な環境における、光学タグシステムを応用した情報収集システムについて述べる。また、各種の評価実験とインタビュー調査により、本手法の有用性を示す。

2. 関連研究

災害時における支援システムとして、消防隊員の位置情報システムや情報共有システム[2,3]、避難者に対しての経路指示システム[4,5]などが提案されている。これらのシステムは、ネットワークとサーバーを利用することでサービスを提供している。しかし、地下空間の災害時にはネットワークが不安定になるためサービスの継続が難しい。そのため、ユビキタスに存在する情報を記憶可能な装置から、直接情報を取得して、サービスを提供するシステムが提案されている。上原らの光学マーカ[3]を使用したものでは、環境に貼り付けたマーカをウェアラブルコンピュータに設置したカメラより情報を取得し、消火栓の使用方法や避難経路を HMD に表示するシステムを提案している。紙媒体であるため電源の必要がないという長所はあるが、暗闇での認識や情報量の少なさが懸念される。また、滝澤らにおいては、RFID を用いた情報収集システム[6]を提案している。建物、家族構成、人数などの情報を RFID に埋め込み、設置することで、災害時における安否確認等の利用を想定している。無線方式の場合、大きな対象物からの情報だと位置特定の精度は必要ないが、複数のタグが隣接している場合、どのタグから情報を取得したかの判別や、端末を持っている人の位置や方向を特定するのが困難である。さらに、無線方式では設備が大規模になってしまうことが考えられる。

そのため、本手法では、光学式のタグシステム[7]を用いることにより、ダイレクトな情報取得を可能としている。また、光学式だと、位置特定と避難経路などの方向指示が、小型のユビキタスデバイスと小型の端末で実現できる。

3. 高速通信が可能な光学タグシステム

ユビキタスに存在する、記録可能なタグから、ダイレクトな情報取得を行うためには、光学タグシステムの問題点を解決する必要がある。既存の光学タグシステム[7]では、時系列の点滅パターンにデータをエンコードし、イメージセンサにより撮像した光点をデコードすることで、数バイトの程度の ID 情報と位置特定を得ている。そのため、大きなデータを送るには、通信速度が低速なため情報取得に時間がかかることになる。この対策として、イメージセンサ用の低速なデータとは別に、高速なデータ通信の経路を設置することにした。別経路の通信手法として、RFID や Bluetooth などの無線方式と IrDA 等を利用した赤外線方式が考えられる。今回は、装置の小型化や低コスト化を理由として IrDA を採用した。試作したシ光学タグシステムの概要図を図.1 に示す。IrDA モジュールをタグ・トラッカに追加することにより、データ通信の高速化を行っている。

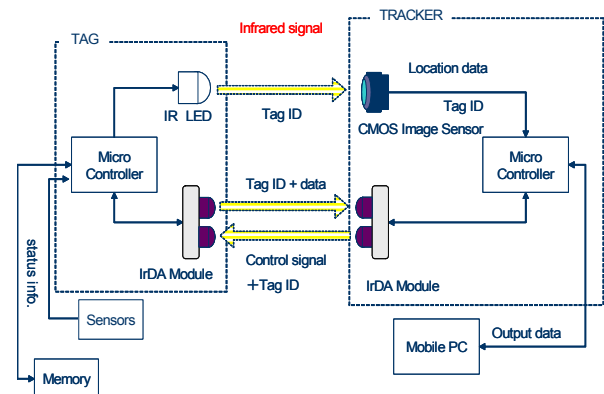


図.1 光学タグシステムの概要図

4. 取得情報

ユビキタスに設置されているタグが保持する情報は大きく分けて、静的な情報と動的な情報の二通りがあると考えられる。静的な情報とは、一度、タグに情報を記録させれば変更することが少ない情報である。動的な情報は、環境や自己の状況に左右され、変化し続ける情報である。本システムにおいては、災害時の活動で、有益であろう情報を取得可能としている。それらの情報を以下に示す。

静的情報	動的情報
○ 位置情報	○ 温度
○ 場所名	○ 振動

- 方角 ○ 行動履歴
- 避難経路

まず、静的情報であるが、ユーザがあまり見知っていない場所で災害が発生すれば、パニックに陥る可能性がある。このような場合、自分の所在地や向いている方角、避難経路が分かれば、スムーズな判断と行動ができると考えられる。次に、動的情報である温度について述べる。火災が発生すると、火傷や煙による一酸化炭素中毒などのため、危険にさらされることが多くある。また、活動中の消防士にとっても、火災が発生して、ある一定以上の時間が経過すると、急激に温度が上がるフラッシュオーバーという現象が発生し、生命の危険にさらされる可能性がある。これらのような場合、随時変化する温度変化を確認できれば、ユーザの危険を回避することが可能ではないかと考える。次に、振動についてであるが、地震が発生した場合など、建物の揺れを記録することで、復興時などで有効な情報になるのではないかと考えている。例えば、さまざまな場所から、振動の情報を、後日、収集することにより、地震の被害調査や、建物の詳しい耐震分析に利用できる可能性がある。次に、行動履歴であるが、タグ自身にだが、このタグから情報を受けたか記憶することで、後から、その履歴を参照することができる。例えば、救助活動などで、前に誰かがこの場所を探索したかどうかの確認や、誰がこの周辺にまだ残っている可能性があるなどの判断ができると思う。

5. センサ機能を持つタグ

静的情報に関しては一度、タグのメモリに書き込めば良いが、動的情報（温度・振動・行動履歴）に関しては、センサからの情報を取得する機能が必要となる。そのため、タグの一部改良を行った。改良については、センサ情報の取得と IrDA によるデータ送信を制御するマイコン（Cygnal 社製の C8051F300）を使用している。温度センサは、マイコンのチップに内蔵した温度センサを利用し、建物の揺れは、加速度センサ（Analog Devices 社製の ADLX202）から情報を取得している。また、行動履歴については、トラッカへ情報を送信する時に、相手先の ID を記録しておくことで、誰がこのタグか

ら情報を受けたのかを判別できるようにしている。

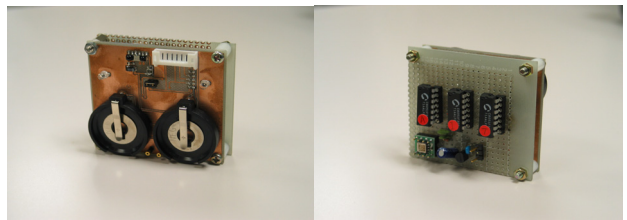


図.2 センサ機能を持つ光学タグ

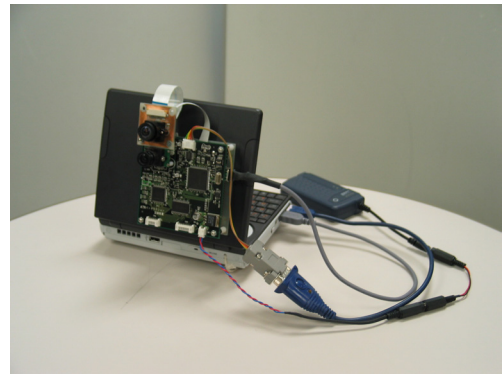


図.3 災害時情報収集システム

6. 災害時情報収集システム

災害時情報収集システムは、タグの情報を取得するトラッカと、持ち運び可能な PC、CCD イメージセンサから構成される。CCD イメージセンサはトラッカの CMOS イメージセンサと同一光軸上に設置し、映像を取得している。トラッカで取得したタグの位置と映像を利用して、取得した情報を重畳表示している。図.4 にあるように、拡張現実感技術を利用した表示方法にしている。

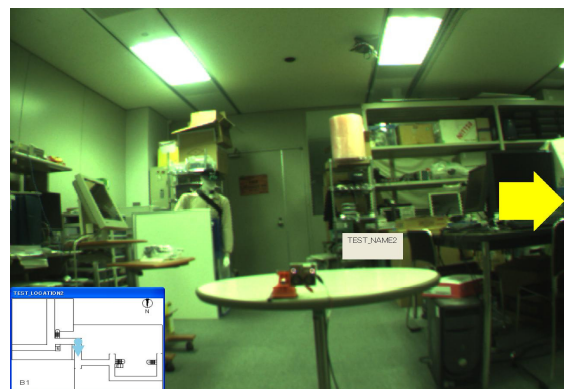


図.4 表示画面

タグの情報提示は以下のような種類がある。

- NAME
対象物の名前（場所名、人名、物の名前）を取得す

る。

○ TEMP

温度センサの情報を取得する。

○ ACC

加速度センサより、縦揺れ・横揺れの大きさとその時間を取得する。（閾値を 0.5G に設定して、約震度 4 以上の揺れが発生したら、記録するように設定）

○ RECORD_ID

情報を取得したユーザの ID を取得する。（行動履歴）

○ MAP

タグが記憶している、三次元座標（X・Y・Z）により、地図上に自分の現在地を表示。

○ ESCAPE ROUTE

避難経路の情報を取得し、避難口の方向を矢印により示す。光学タグには指向性があるため、タグから見て、ユーザがどの方向を向いているか判別することが可能である。例えば、LED と IrDA モジュールが南方向に向いているタグがあれば、北方向を向いているユーザのみがタグ認識とデータ取得を行うことが可能である。そのため、タグから見て、どちらの方角に避難口があるかという情報を記録しておけば、ユーザに対して避難口の方向を知らせることが可能である。

7. 評価実験

7.1.ID 認識距離

屋内において、蛍光灯を設置してある照明下と暗室の場合の ID の認識頻度を測定した。

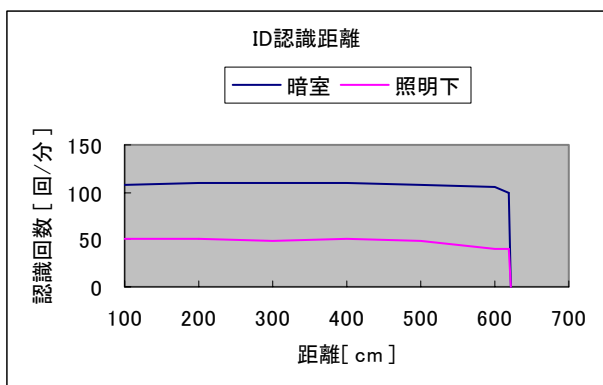


図.5 照明下と暗室の実験結果

実験結果の図.5 について、最大の認識距離は 6m で

あることが分かる。照明下と暗室での差を見てみると、照明下の方が暗室よりも、認識回数が約半分である。この理由として考えられるのは、照明下においては、蛍光灯等の外部光をタグの光点として認識してしまい、認識速度が遅くなっているためであると推測できる。次に、照明下と暗室の両方に言えることだが、6m の範囲内であれば距離による認識回数の変化はほぼ見られなかった。

7.2.ID 認識範囲と IrDA 通信範囲

ID の認識範囲と IrDA 通信が可能な範囲を測定した。

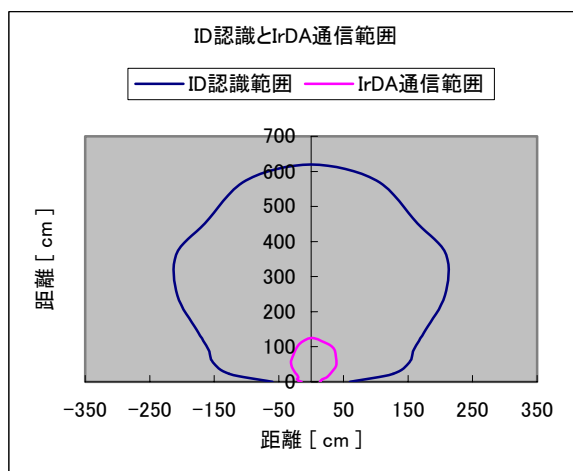


図.6 ID 認識と IrDA 通信範囲の実験結果

実験結果の図.6 を見ると、LED と IrDA の指向性が存在することが解る。また、IrDA 通信の通信可能距離が約 1 m20cm 以内であることがわかる。さらに、距離によるデータ受信のエラーの変化はほぼ見られず、トラックよりデータ送信を要求する信号を受信したタグは、必ずデータを送ることができた。

ID 認識と IrDA 通信との距離の差があるため、ユーザが情報を取得しようと考えると、まず、タグの存在を認識し、近づいてから情報を取得する形となる。

7.3.消費電流

アクティブ型のタグシステムを災害時に運用する場合、省電力化は重要な課題である。そこで、LED の光量とタグの認識頻度について評価を行った。

実験方法は、3V 電源のタグを距離 4m に設置し、LED が消費する電流を変化させ ID の認識頻度を測

定した。以下にその結果を示す。

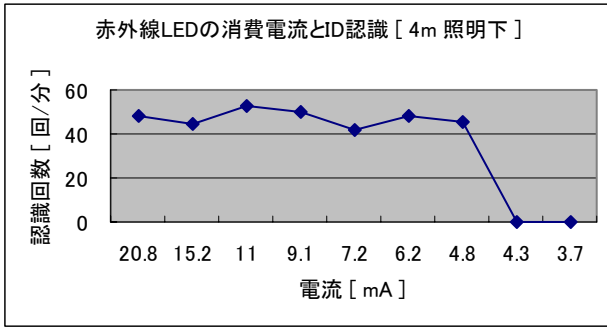


図.7 消費電流の実験結果

図.7 を見ると、3V-5mA 程度でも使用可能であることが解る。以前のシステム[7]で試作したタグでは、5V-50mA~80mA だったため、より長時間の駆動が可能になったことになる。

7.4.移動時の認識

移動時の認識速度について測定を行った。

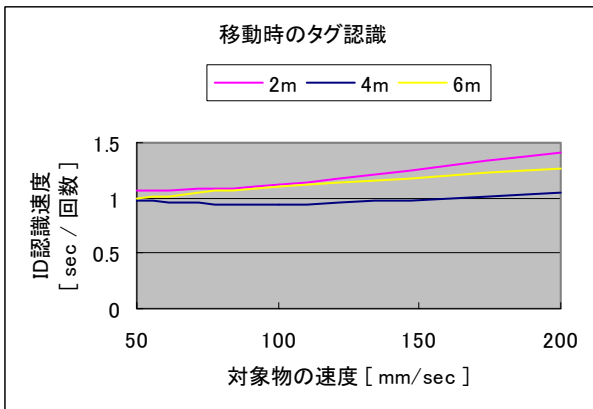


図.8 移動時におけるタグ認識の実験結果

実験結果から、4m>6m>2m の順で認識速度が良いことが解る。また移動速度が上がれば、どの距離においても認識速度が低下しているが、6m 以内の距離では、移動している物体を認識可能であることが解った。4m の距離が最も認識速度が良かった理由は、イメージセンサとの撮影距離が近い物と遠い物比べた場合、遠い物の方が 1pixel に対する、撮影範囲が大きくなるためであると考えられる。そのため、タグの光点の範囲が移動するよりも早く、ID のデコードを行うことができるためである。

7.5.火災発生時の運用性

本手法が火災時においても、運用可能か評価した。実験方法は、タグから左側 30cm の距離に、木材を燃やした火元を設置し、タグ認識の頻度を計測する。実験環境は屋外において計測を行い、タグトラックの距離を正面 2m とした。また、図.9 のように、火のゆらめきがタグまでとどいているかどうかで火の大きさを変化させ、タグ認識の影響について調べた。



図.9 左：火元[大] 右：火元[小]

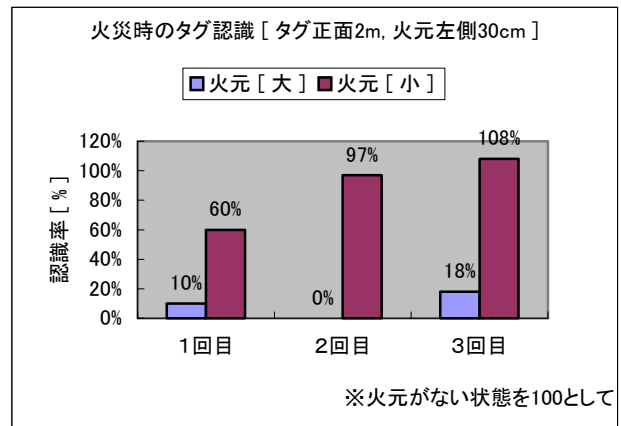


図.10 火災時の運用実験結果

実験結果の図.10 にあるように火元から発生する火のゆらめきが、タグにとどくような状況では、平常時に比べて、それぞれ認識率が 10%、0%、18% という結果のため、タグの認識が困難であることがわかった。しかし、火のゆらめきが小さければ、火元が小さい場合の結果からも、60%以上を確保しており運用の可能性があることが見られる。また、煙に対する影響であるが、煙が大量に発生し、人がタグを視認できないような状況では、タグの認識は困難であった。しかし、視認できるような少ない量の煙であればタグ認識を行うことができた。

7.6.分析

それぞれの実験結果から、タグの ID 認識はタグ

トラック間の距離が 6m 以内であれば、移動時においても可能であることが示された。また、火災を想定した実験において、火元「越し」でなければ、本システムが運用できることが示された。また、IrDA 通信の実験結果から、タグとトラックの距離が 1.2m 以内であれば、データの送受信が可能であることが示された。

8. インタビュー調査

摂津市消防署の皆様にご協力いただき、本システムの有用性についてインタビュー調査を行った。対象は、消防司令補（男性）：1名、消防士（男性）：2名の計3名である。

本研究のシステムが役に立つかという質問に対して、「あれば役に立つだろう」とう意見が多かった。しかし、その前提として、すばやい情報提示が必要であるとのことだった。火災などでは状況の変化が早いため、できるだけ早く作業し、避難しないと自分の生命を脅かすことになる。さらに、できれば侵入前に情報を取得できる方がさらに良いとの意見があった。また、本研究のシステムであれば、消防士よりも、一般の避難者が使用する方が有効であろうという意見があった。その理由として、「一般の人は災害時にパニックになる可能性があり、自分の場所や状況を把握できれば、冷静な判断ができるのではないか」ということだった。どこで何が起きているか分かっている状態で消防士は侵入しているので、パニックになることは少ないとのことだった。

9. おわりに

本論文では、ネットワークの構築や利用が困難な環境における情報収集システムについて、光学タグシステムを用いた手法を示した。本手法の特徴は、ユビキタスなデバイス間とダイレクトな通信を行うことで、不安定なネットワークを利用するよりも、安定した情報取得が可能な点である。

本手法を実装するために、まず、光学タグシステムの問題であるタグとトラック間の通信速度の遅さを解決する試作機を作成した。次に、取得可能な情報について検討を行い、その適用例を紹介した。次に、光学タグシステムの応用として災害時における情報収集システムの実装を行い、その内容を述べた。また、各種

の特性評価により、光学タグシステムが災害時の情報収集に有効であることが示された。さらに、インタビュー調査により、本システムの有用性を確認した。

10. 今後の課題

光学タグを用いた災害時情報収集システムについて、IrDA 通信の距離の短さ、電源の確保、装置の小型化などが、今後の課題であると考えられる。

謝辞

本研究は、情報通信研究機構の研究委託「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発」により実施したものである。

参考文献

- [1] 国土交通省 都市・地域整備局 大都市圏整備課 大深度地下利用企画室, 大深度地下利用に関する技術ビジョン, 2003.
- [2] 消防活動が困難な空間における消防活動支援情報システムの開発プロジェクトチーム, 消防活動が困難な空間における消防活動支援情報システムの開発, 2003.
- [3] 上原邦昭, 災害時における次世代型情報提示技術の開発, 文部科学省 大都市大震災軽減化特別プロジェクト, 2003.
- [4] 坂本久美子, 塚本克治, 「情報」から見た地下情報空間について, 情報処理学会第 65 回全国大会, 2003.
- [5] 畑雅之, 松原仁, 自助型防災支援システムにおける携帯端末の応用提, 第 18 回人工知能学会全国大会, 2004.
- [6] 滝澤修, 無線タグを用いた被災地情報収集システムの高機能化, 計測自動制御学会第 4 回システムインテグレーション部門講演会, 3J4 - 5, 2003.
- [7] 伊藤慎宣, 角康之, 間瀬健二, 赤外線 ID センサを用いた設置・着用型インタラクション記録装置, インタラクション 2003, pp.237-238.