

Title	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
Author(s)	市原, 貴雄
Citation	
Issue Date	2005-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/531
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

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

指導教官 國藤 進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識社会システム学専攻

350003 市原 貴雄

審査委員： 國藤 進 教授（主査）
藤波 努 助教授
西本 一志 助教授
金井 秀明 助教授

2005年2月

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

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

2005年3月

キーワード: 光学タグ, 拡張現実, ヒューマンインタフェース, ウェアラブルコンピュータ.

本論文は、ネットワークの構築が困難な環境における、ユーザに対する情報収集や情報提示を行う技術について述べている。

災害時における、ユーザの活動を支援する様々なシステムが提案されている。しかし、今後の利用が進むとされる地下等においては、既存の災害システムの適応は難しい。その理由は、地下という特殊な環境のため、災害が発生すると停電などの影響から、ネットワークが不安定となり、システムのサービスを受けることが困難になるためである。さらに、地下等で災害が発生した場合、韓国大邱（テグ）市地下鉄における列車火災事故のように、大きな被害に発展する可能性が高く、救助活動・消防活動を支援するシステムや、避難者に対する情報提供・誘導システムが求められている。

そこで、本研究では、災害時において、ユーザ周囲に存在する情報を直接取得することで、不安定なネットワークを介さず、安定した情報提示ができるシステムを提案した。本手法を実装するにあたり、人や物の識別と位置特定が可能な光学タグシステムに高速な通信機能を持たせることで、ユビキタスに存在する記録可能なタグから情報を収集し、ユーザに情報を提示するシステムを実装した。

さらに、光学タグシステムが災害時の情報収集に有用であるか評価実験を行い、その結果を示した。また、実際に災害現場を経験している消防士にインタビュー調査を行い、本システムの有用性を確認した。

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

Takao Ichihara

School of Knowledge Science,

Japan Advanced Institute of Science and Technology

March 2005

Keywords: Optical tag, Augmented Reality, Human Interface, Wearable Computer.

This paper describes technology to do intelligence for a user in the environment where construction of a network is difficult and the information service.

At a disaster, various systems helping activity of a user are suggested. However, in basements assumed that use expansion advances from now on, adaptation of those systems is difficult. The reason is because construction of a network cannot receive difficulty or service of a system when a disaster occurs for special environment of a basement. Furthermore, it is very likely that the big damage occurs like a train fire accident in a Daegu city subway, and a system helping a rescue operation / firefighting activity and reporting / an instruction system for a scholar of refuge are demanded when a disaster occurred in basements.

Therefore, by this study, the stable information presentation suggested the system which it was possible for at a disaster without an unstable network by acquiring the information that there was to user circumference directly. Because an area, a person and identification and position specification of a thing to implement an expert skill method gave a possible optics tag system a high-speed communication function, I was ubiquitous and collected information from the tag which had existing information, and carrying around to show in a user implemented a possible system.

Furthermore, I evaluated it whether an optics tag system was useful for intelligence at the time of a disaster and tested it and showed the result. In addition, I really confirmed utility of this system by interviewing the firefighter who experienced the disaster spot.

目次

1	序論	1
1. 1	研究の背景	1
1. 2	先行研究	4
1. 3	研究の目的	7
1. 4	本論文の構成	8
2	光学通信が可能な光学タグシステム	9
2. 1	概要	9
2. 2	赤外線 ID タグ	11
2. 3	ID トラッカ	12
2. 4	IrDA 通信プロトコル	14
3	光学タグを用いた災害時情報収集システム	16
3. 1	情報取得について	16
3. 2	システムの概要	19
3. 3	情報の提示	20
4	システム評価	24
4. 1	光学タグの ID 認識距離と範囲	25
4. 2	光学タグの IrDA 通信距離と範囲	27
4. 3	消費電力	29
4. 4	移動物体の認識	30

4. 5	関連研究との比較.	3 2
4. 6	火災発生時の運用性	3 5
4. 7	分析.	3 7
4. 8	インタビュー調査.	3 8
5	結論	4 0
5. 1	本研究のまとめ	4 0
5. 2	今後の課題	4 1
	謝辞	4 2
	参考文献	4 4
	本研究に関する発表論文	4 5

目 次

1. 1	地下火災の進入路.	2
1. 2	無線タグを用いた非常時情報伝送システム	5
1. 3	消防活動支援情報システム.	5
2. 1	光学タグシステムの概要図	10
2. 2	IrDA 通信機能を持つ ID タグ	11
2. 3	IrDA 通信機能を持つトラック	12
2. 4	ID 認識のフロー	13
2. 5	通信プロトコルシーケンス	14
2. 6	通信プロトコルのフォーマット	15
3. 1	センサ機能を持つタグ	18
3. 2	情報収集システムの概要図	19
3. 3	光学タグを用いた情報収集システム	19
3. 4	表示画面	20
3. 5	名前情報の取得.	21
3. 6	温度情報の取得.	21
3. 7	振動情報の取得.	22
3. 8	ID 履歴の取得	22
3. 9	位置情報と現在の表示	23
3. 10	避難経路の表示	23
4. 1	ID 認識距離の実験結果	25
4. 2	ID 認識範囲の実験結果	26
4. 3	IrDA 通信距離の実験結果	27
4. 4	IrDA 通信範囲の実験結果	28

4. 5	消費電流の実験結果.	29
4. 6	Robovie - R と実験風景.	30
4. 7	移動体認識の実験結果	31
4. 8	単一カメラ.	32
4. 9	比較実験 2m50/sec の実験結果	33
4. 10	比較実験 2m100/sec の実験結果	33
4. 11	比較実験 2m200/sec の実験結果	33
4. 12	火災時におけるタグ認識の実験風景.	35
4. 13	左：火元[大] 右：火元[小]	35
4. 14	火災時におけるタグ認識の実験結果.	36

第 1 章

序論

1.1 研究の背景

本論文は、ネットワークの構築が困難な環境における、ユーザに対する情報収集や情報提示を行う技術について述べている。ここで言う、ネットワークの構築が困難な環境とは、災害時における、大深度地下、地下鉄道、地下街等を想定している。

近年、地下の利用について、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が平成 12 年 5 月に成立し、平成 13 年 4 月より施行されている[1]。大深度地下とは、地表から 40m 以上、または、建築物の支持地盤より 10m を加えた深さのいずれか深い方とされている。大深度地下利用が事業実施段階に入ったことにより、今後さらに、都市再生や都市機能の強化などが進むと考えられる。

一方、地下の利用拡大により懸念されるのは、災害時における安全性である。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、静岡駅前ゴールデン街爆発火災事故などように、人命に係わる災害に発展する可能性が高い。その原因の一つとして地下環境の特殊性が挙げられる。地下等での災害で避難や救助・消防活動を行う際に問題となるものは次のようなものが考えられる。

- 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と

(H15,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[2])。

①の理由から、暗闇になると方向感覚を失う恐れがある。さらに、②の理由から、避難路が限定され人が殺到する恐れがあり群集によるパニックが発生する可能性がある。次に、③の理由から、地下内部の正確な情報を取得できないため、ユーザの状況に適した指示を伝えることができない可能性がある。次に、④の理由から、外部への避難や救助活動に時間を要すると考えられる。さらに、⑤の理由から、地上の火災と比べて被害が大きくなると考えられる。

このように、災害が発生した場合、地下等は避難・救助・消防活動が困難な環境であると言える。



図 1.1: 地下火災の進入路

以上の理由から、災害時において、救助活動・消防活動を支援するシステムや、避難者に対する情報提供・誘導システムが求められている。

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[3,4]、避難者に対しての経路指示システム[5,6]などが提案されている。これらのシステムは、ユーザの情報やユーザ周囲の情報をセンサ等で収集し、地下内に敷設された LAN 等のネットワークを経由して、サーバー等に情報が蓄えられる。そして、

蓄えられた情報から、再度ネットワークを経由して、ユーザが所持する携帯端末などにサポート情報を提示している。

これらのシステムでは、災害時における、ユーザの状況把握や行動判断の支援を実現している。また特定の環境下での人間が誘発する危険行動を事前に察知し、危険な状態から回避させるための警告システムを備えているものもある。

しかし、これらのシステムでは安定したネットワークによる通信経路があることが前提となっており、停電などが発生するとユーザに対してサービスを提供できない可能性がある。例えば、移動するユーザに情報を提供する場合、ネットワークの通信経路として PHS、無線 LAN 等といった無線を利用したものがある。災害が発生し停電が起こると、サーバーがダウンするなど、システムに何等かの障害を及ぼす可能性がある。また、大規模な災害においては通信装置そのものが破壊されてしまう可能性もある。このような状況を想定した場合、災害時の通信経路として、人を介して通信を行う、アドホックネットワークの方法[7]が提案されている。しかし、この方法ではノードである人が移動するため、動的に変化する災害の状況や常に移動するユーザの状況を把握することは困難である。また、人員や設備を災害現場に設置するには二次災害等のリスクが発生すると考えられる。

また、地下等においては地上からの通信に無線が使用できないため、ネットワークが使用できない状況では外部と内部との通信が困難になる。

以上のことから、地下等において災害が発生した場合、安定した通信経路を確保することが困難なため、ネットワークを利用した災害時の支援システムではユーザの状況把握やユーザへの情報提示が難しくなる。

そこで本研究では、災害時において、ユーザ周囲に存在する情報を直接取得することで、不安定なネットワークを介さず、安定した情報提示ができるシステムを提案する。そして、ユーザの周囲に存在する情報の取得には光学タグシステムを用いる。光学タグシステムとは、拡張現実感(Augmented Reality)システムやコンテキストウェアなサービスを目的として、人や物の識別と位置特定を行うシステムである。光学タグから発せられる点滅パターンをトラックに備えたイメージセンサで撮影することにより、タグの位置と ID 番号を同時に取得可能としている。無線や超音波方式のタグとは異なり、比較的長距離(数 m)から、少数の構成でシステムの構築が可能である。光学タグシステムを用いた直接的に情報取得を行うことにより、少なくとも、そ

の現場にいるユーザが周囲の状況を把握したり、身に及ぶ危険をいち早く察知できたりする可能性があると考えられる。それにより、災害時の地下という特殊な環境においても、不安定なネットワークを介することなく、ユーザにとって有益な情報を提示することが可能であると考えられる。また、災害時だけではなく、復興時においても記憶されたセンサ情報を参照することにより、人間の行動履歴や、災害原因の分析、発生場所の特定、行方不明者の安否確認などが可能になると考える。

1.2 先行研究

前節で述べたように、災害時における地下等のネットワークの構築が困難な環境においては、ユーザ周囲に存在する情報を、不安定なネットワークを介さず、直接取得することが有効であると考えられる。本節においては先行研究について説明し、本研究の手法の特徴を述べる。

最も利用されている災害時の情報の例として、避難時の誘導灯が挙げられる。消防法により、ある一定規模の建物には設置義務があり、緊急時において、避難出口の方向を知るのに利用されている。誘導灯は避難出口の方向を示す情報を持ち、それを視認可能な周囲の人に対して提示していることになる。また、消火栓の表示灯や火災報知器などの装置も、それぞれが情報を持ち、赤色光や音により、周囲にいる人に対して直接的に情報を提示していることになる。これらのように、情報を記憶している装置から、直接情報を取得して、サービスを提供している研究として、上原らの光学マーカ[4]を使用したものがある。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画像認識を行い、消火栓の使用方法や避難経路を HMD に提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、マーカ方式であるため、暗闇での認識や 32bit の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[8]を提案している。建物、家族構成、人数、などを格納した情報を RFID に埋め込み、設置し、災害時に安否確認等に利用しようというものである。復興時や日常時での利用を想定しており、避難時や救助活動時での利用には適していないと考えられる。



図 1.2: 無線タグを用いた非常時情報伝送システム

一方、救助・消火活動時においては、柴崎らの消防活動支援システム[9]が提案されている。自律型の位置特定方式である慣性航法装置(加速度計とジャイロ)と電子タグを利用して消防隊員の位置等を3次元マップに表示するシステムである。慣性航法装置での累積誤差を非常灯に備え付けられている電子タグから位置情報を取得し補正を行っており、取得した位置情報(姿勢・方位・速度・位置)を構内に設置された無線LAN端末により地上に送っている。



図 1.3: 消防活動支援情報システム

また、志水らは赤外線カメラとHMDを組み合わせることで煙の中でも物体を認識できるウェアラブルコンピュータ[3]を提案している。さらに、ロボットレスキュー[10]等、二次災害が懸念される救助活動において、ロボットを利用して円滑に行う研究がされている。これらの、救助・消火活動時の支援システムにおいては、ネットワ

ークが確立していることが前提となっており、停電等が起こるとシステムの稼働が難しくなる可能性が高い。そのため、地下等など無線を使用できない環境では、消防隊員同士の情報共有や司令部への伝達が困難になる可能性があると考えられる。

本研究においては、ネットワークを介した情報提供を行わず、各種センサ群からの情報を直接的に取得提示する手法として、光学タグシステムを使用する。光学タグシステムのように、識別のための ID 情報と位置情報を同時に取得する研究としては、無線通信を応用した GPS や RFID を用いる方法が提案されている。GPS を用いた方法では、カーナビゲーションシステムなど、製品レベルで実用化されており、屋外における活動においては有効である。しかし、電波が遮断される地下や屋内での利用は適していない。RFID を用いた方法では、タグリーダからの電磁誘導により非接触で読み書きをおこない、高速で多くの情報を伝送できる。しかし、近距離での人や物の認識する用途においては有効であるが、人の周囲 (2m~3m) での認識においては適していない。また、暦本らが 2 次元バーコードを人や物に貼り付け、カメラでそれを読み取る NaviCam[11]を提案している。バーコードを利用することで、コストの面でのメリットはあるが、カメラと 2 次元バーコードの距離が離れると、バーコードで撮像できるサイズが小さくなり、認識が困難となる。

そこで、時系列の点滅パターンにデータをエンコードし、空間解像力があるイメージセンサでデコードすることで、精度の高い対象物の位置特定が可能な光学タグの研究が行われている[12 - 15]。また、人間には不可視な赤外線(point)を点滅信号に使用することにより、周囲の景観への影響を抑えることも可能である。さらに、赤外光の指向性から、ユーザの向きの特定も可能としている。

光学タグを用いた関連研究として、複数のビーコンを用いてデータのエンコードを行うシステム[13]が提案されている。これらは、非同期に点滅する複数のビーコンを判別するため、イメージセンサの空間解像度が必要になってくる。また、通常のフレームレートのイメージセンサを使用しているため、データの読み取りに時間が必要となる。これらの問題を解決する方法として、松下ら[12]は高速にサンプリング可能なイメージセンサを利用することにより、高い空間解像度を可能としている。しかし、このような高機能なビジョンチップを使用すると機器の大型化と高コスト化につながる。

そこで、本研究では、データのエンコードに必要な能力を持つイメージセンサを利

用することで小型化を行っている。また、データ取得のイメージセンサと同じ光軸上に付加情報を重畳表示に使用する、映像を記録するための撮影カメラを設置している。データ取得と撮影を分離することで、高速なサンプリングを可能としている。

しかし、光学タグシステムの問題点として、タグトラック間のデータ通信が数バイト程度の ID 情報しか送れないという問題がある。その原因は、トラックに内蔵したイメージセンサは、フォトダイオードの高密度アレイ状であるため、ダイナミックレンジが低く低感度であるため、受信速度を上げることができないためである。そのため、ユーザの周囲に存在している、センサ等で取得した情報や、環境や対照物に依存するステータス情報などを取得しようと考えても、通信速度が低速なため情報の取得に時間がかかってしまう。

1.3 研究の目的

これらの問題点を踏まえて、災害時において地下等などのネットワークの構築が難しい環境での、直接的にユーザ周囲の情報を取得可能な、光学タグシステムを用いた災害時情報収集システムの構築を本研究の目的とする。また、本システムの有用性を示したいと考える。

本研究の特徴として、ユーザ周囲に存在するセンサ群の情報を直接的に取得することで、災害時の地下という特殊な環境でも不安定なネットワークを介さず、周囲の状況を把握することができる点である。これにより、現状において効率的な行動を判断できたり、身に及ぶ危険をいち早く察知できたりすると考えられる。

さらに、光学タグシステムを使用することにより、対象物の位置特定と識別を同時に行うことが可能であり、それらの情報を使用した拡張現実感技術を組み合わせた情報提示を行うことで、直感的に情報を理解できるものと考えられる。

周囲の情報を得る方法としては、防災のために備え付けられている、温度や煙センサの利用を想定している。例えば、照明が無く、煙が充満している状況では、目による状況確認が難しい、また、自分の現在位置を見失う可能性もある。このような状況で、各部屋にそれぞれの温度や煙の情報、部屋の位置情報を取得することで、危険な部屋はどこなのか、火災が起きているのか、または、自分がどこにいるのかなど、

現状を把握することができる。また、避難経路などの情報を提示することで安全でスムーズな避難が可能となる。

災害後においても、センサが取得した情報をタグに記憶させることにより、災害原因の分析や、消防隊員や避難者の行動履歴から、避難経路の見直しや、救出・消火作業の分析などが可能であると考ええる。

1.4 本論文の構成

本論文は本章を含め全5章により構成される。まず、第2章では、既存の光学タグシステムの問題点と、高速な通信が可能な光学タグシステムについて述べる。第3章では、前章で試作した光学タグシステムを応用した災害時における情報収集システムについて述べる。第4章では、評価実験とインタビュー調査について述べ、本システムの有用性を検証する。

最後に、第5章では本研究のまとめと今後の課題について述べる。

第 2 章

高速通信が可能な光学タグシステム

本章では、前章で述べた問題を解決し、ネットワークの構築が困難な環境における、ユーザ周囲の情報を取得するシステムを実現するための、光学タグシステムについて述べる。最初に光学タグシステムの現状と問題点を説明し、次に、システムの概要、各装置の内容、処理の流れについて説明する。

2.1 概要

地下等の災害時における、ネットワークの構築が困難な環境において、ユビキタスに存在するセンサ群から、光学タグシステムを利用して、直接的に情報を取得し、ユーザへの情報を提示するためには、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、イメージセンサでデコードすることで、数バイトの程度の ID 情報と位置特定を行っている。そのため、環境に依存する情報や、センサ等で取得した情報や、対照物のステータス情報などを送信しようと考えても、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で可能となる。別経路の通信手法として、RFID や Bluetooth、IEEE 802.11b 規格を利用した無線 LAN 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、既存の光学タグの指向性を維持することを理由として 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 2.1)に示す。赤外線 LED からは、エンコードしたイメージセンサ

用のデータを発信しており、データを受信したトラッカはデータのデコードとタグの位置特定を行っている。それとは別に、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。

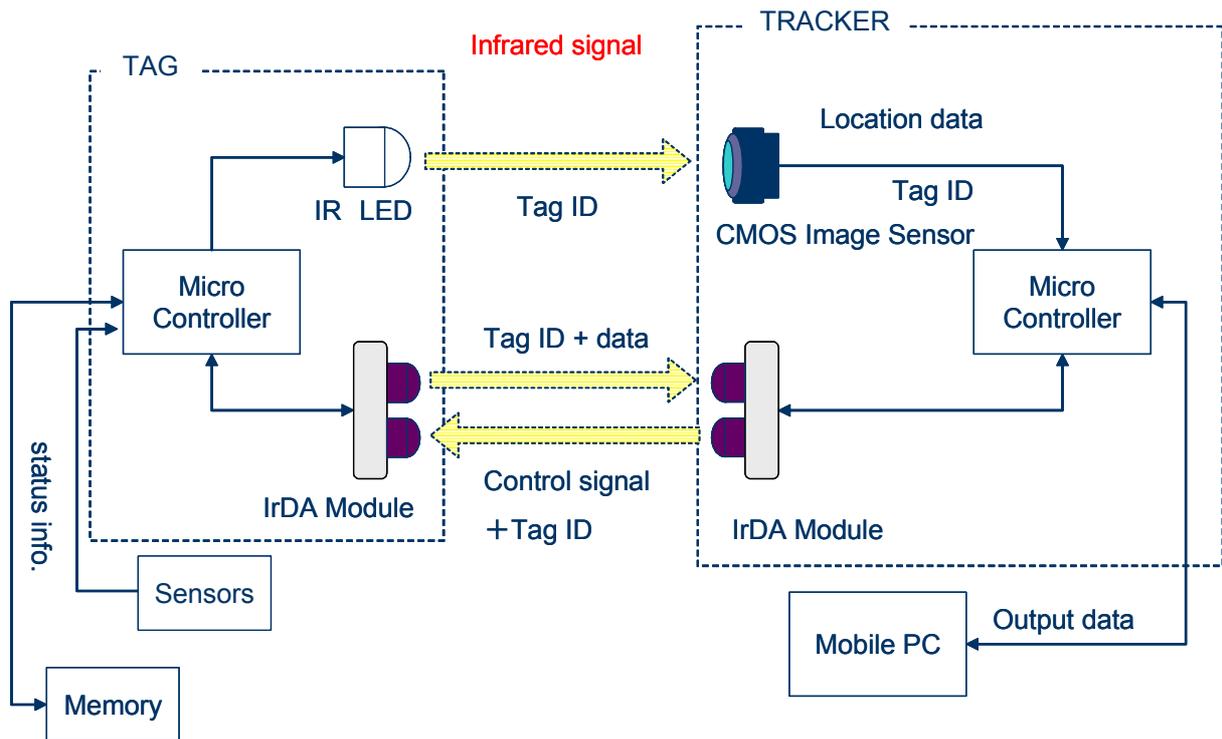


図 2.1: 光学タグシステムの概要図

2.2 ID タグ

ID タグは、赤外線 LED、IrDA モジュール、マイコン (Renesas Technology 社製の H8/3664) により構成される。マイコンによって ID 番号のエンコードと赤外線 LED の点滅と IrDA の送受信を制御している。ID 番号は、8 ビットの 256 通りの ID を識別可能である。固定長の ID はマンチェスター符号化され 200Hz の点滅パターンにエンコードされ、赤外線 LED により発信される。IrDA 通信については、トラックよりデータの送信命令があると、赤外線 LED の発信を停止し、IrDA 通信 (9600~38400bps) を開始する。また、記憶可能なデータ容量は 7963 バイトとし、電源は 3V ボタン電池 2 個を使用することにより、約 2~3 時間使用できるものとした。

ID 出力

例) ID:105

01 01011001101001 10 1111

|スタートビット|ID8ビット|パリティビット|エンドビット|

IrDA データ出力

ID012 00A abcdefghij

| ID 番号 | データサイズ | データ |

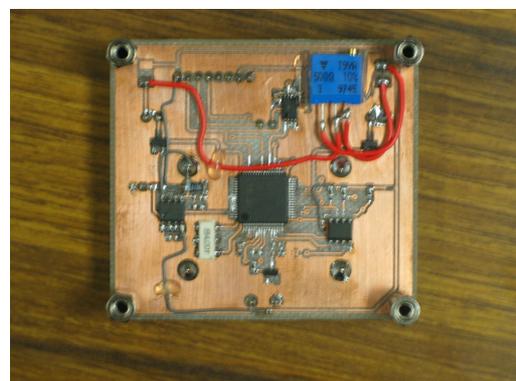
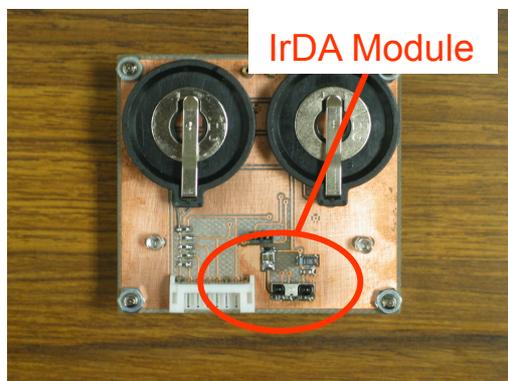


図 2.2: IrDA 通信機能を持つ ID タグ

2.3 ID トラッカ

ID トラッカは、CMOS イメージセンサ (National Semiconductors 社製の LM9630)、IrDA モジュール、赤外線 LED、RS232C インターフェース、画像取得用の CPLD (XILINX 社の XC95144XL) と制御用のマイコン (Renesas Technology 社製の SH/7114) により構成されている。CMOS イメージセンサでは、赤外線 ID タグから発信される ID をエンコードした 200Hz の点滅パターンを、倍の 400Hz のフレームレートで撮影することで、非同期による ID 認識と位置特定を行っている。また、今回の試作機では、マイコンレベルでの 100×100 解像度を 400 枚/秒処理するのは困難なため、CMOS イメージセンサで取得した画像は一度、CPLD を用いて閾値処理による圧縮を行い、いったんメモリに転送する。そして、再度、CPU からデータを参照し、タグから発進された ID をデコードする形式をとった。IrDA を用いた双方向のデータ通信に関しては、認識した ID に対して、IrDA によるデータ通信を許可することにより、赤外線 ID タグを記録しているデータ取得を可能としている。

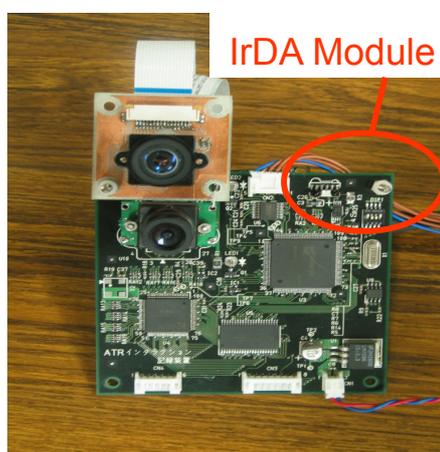


図 2.3: IrDA 通信機能を持つトラッカ

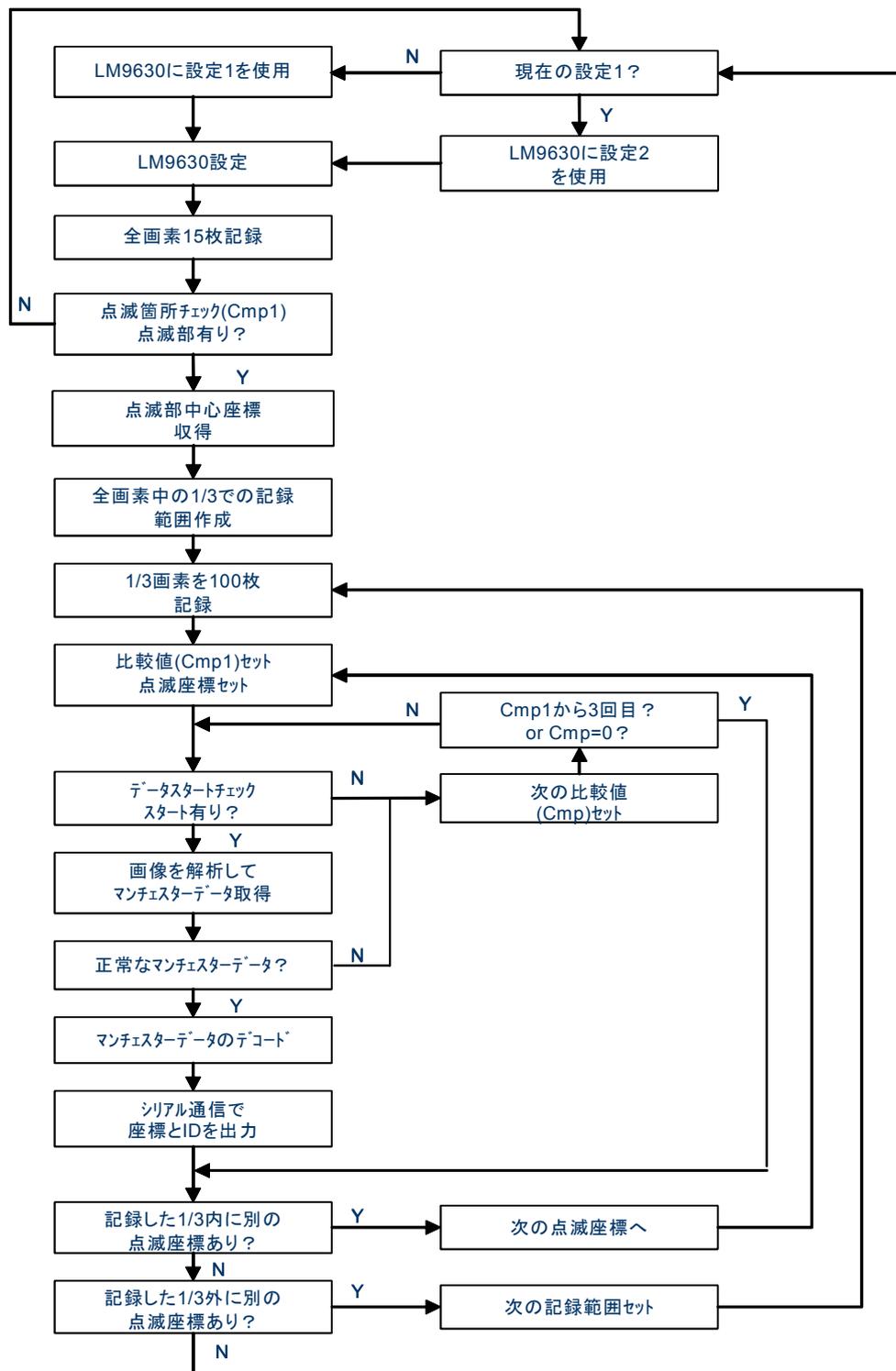


図 2.4: ID 認識のフロー

※遠距離用と近距離用の設定を切り替えることにより、安定した ID 認識が出来るようにしている。

2.3 IrDA 通信プロトコル

複数のトラックが存在する場合、複数のタグから IrDA のデータ送信が行われる可能性がある。そのため、複数のタグからデータ送信を同時に行うとデータ受信時にエラーが発生する可能性がある。エラーを起こさないために、複数のタグを制御するプロトコルが必要になる。特定のタグからデータを取得する IrDA 通信の通信プロトコルを以下に示す。

IrDA 通信

1. ID 番号を取得したタグに対して、トラックは IrDA 通信によるデータ送信を許可する信号を発信
2. すべてのタグは赤外線 LED の点滅を停止（2 秒間）
3. IrDA 通信を許可されたタグはデータ通信を開始
4. トラックがタグのデータを受信
5. 別の取得した ID があれば、1 に移動

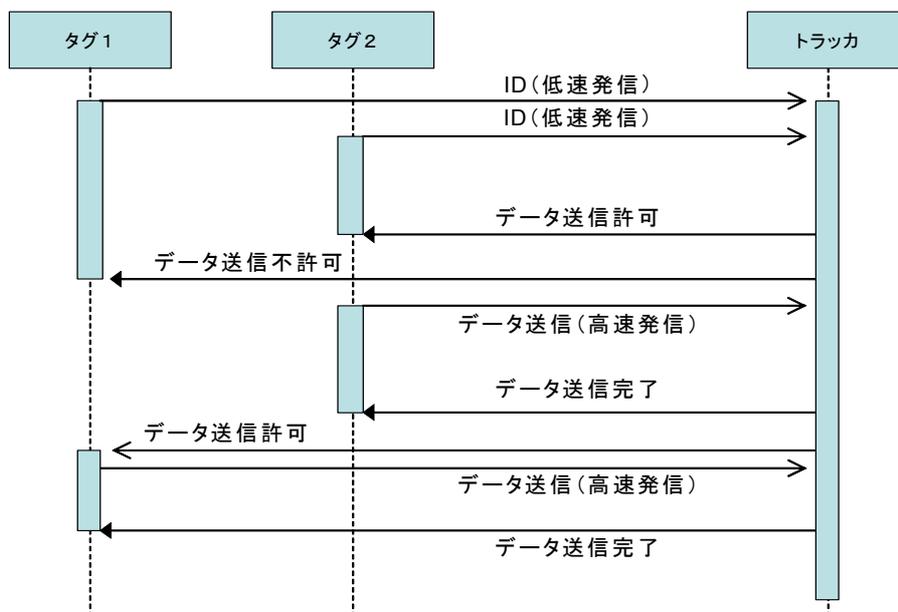


図 2.5: 通信プロトコルシーケンス図

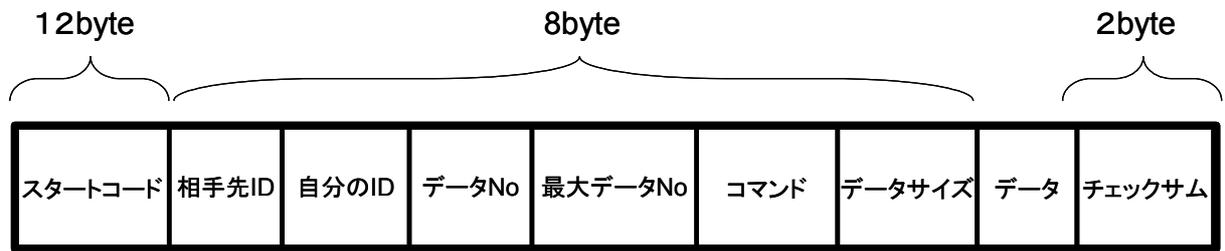


図 2.6: 通信プロトコルのフォーマット

第 3 章

光学タグを用いた災害時 情報収集システム

本章では、前章で試作した光学タグシステムを用いて、災害時における地下等でのネットワークの構築が困難な環境においても、ユビキタスに設置されたタグから情報を収集し、避難・救助・消火活動をしているユーザに対して、状況把握や危険回避を支援する情報提示が可能なシステムについて述べる。まず、システムの概要について説明する。次に、環境に依存する情報やセンサ情報の取得方法、取得した情報の提示方法について説明する。

3.1 情報の取得について

ユビキタスに設置されているタグに記憶可能な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。その例として、環境に依存する情報や、タグを貼り付けた対象物のステータス情報などがある。環境に依存する情報とは、タグを設置している場所の名前や建物から見た座標軸、危険物を設置してあるかなどを示す。対象物のステータス情報とは、対象物が人であるならば、その人の名前や性別、個人の情報のことを示しており、対象物が物であれば、その物の名前や形状などを示す。

動的な情報は、環境や自己の状況変化により、変化し続ける情報である。その例と

して、センサ情報が挙げられ、温度センサや煙センサ、対象物の稼動状態、人や物の行動履歴などを示す。

本システムにおいては、災害時における活動という特殊な状況において、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

- 位置情報
- 場所名
- 角度
- 避難経路

動的情報

- 温度
- 振動
- 行動履歴

3.1.1 取得情報の活用

前節において、取得可能な情報を上げたが、本節では、取得した情報をどのように使用すれば、有益な情報になるかについて説明する。

まず、静的な情報であるが、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。また、経験を積んでいる消防士であっても、停電のため暗闇になったり、煙で周りの見通しが悪く自分がどこにいるか分からなかったりする可能性がある。これらのような場合、自分の現在地や場所の名前、避難経路が分かれば、スムーズな避難や、救助活動ができるのではないかと推測できる。

次に、動的な情報であるが、まず、温度について述べる。火災が発生することにより、人が危険にさらされることが多くある。それは、火による火傷や煙が発生することによる一酸化炭素中毒のため、できるだけ火元を避ける必要がある。また、消火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する。フラッシュオーバーなどの現象が発生した場合、現場に居る消防士は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ができれば、復興時などの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、タグ自身にだれが、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捜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考える。

3.1.2 センサ機能を持つタグ

静的情報に関しては一度、タグに備え付けているメモリに書き込めば良いが、動的に変化する情報（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ってくる。前章で述べた赤外線 ID タグにはセンサ情報を取得する機能がなかったため、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（CygnaI 社製の C8051F300）を追加している。温度センサに関しては、マイコンのチップに温度センサが内蔵されているため、それを利用している。次に、建物の揺れを記録するのに加速度センサ（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、トラック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。

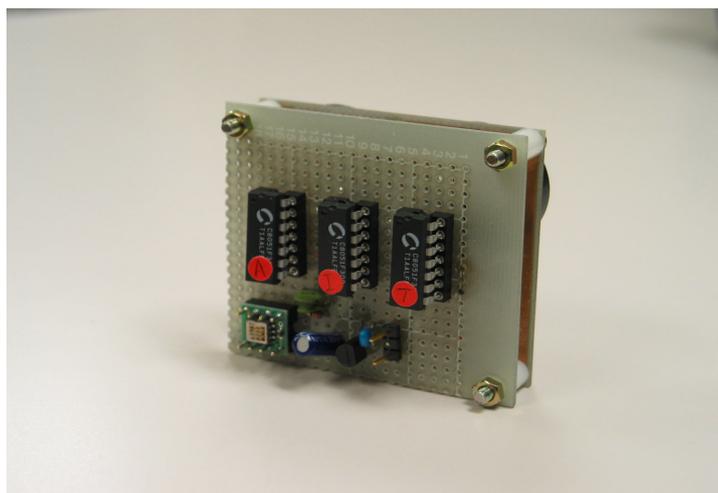


図 3.1: センサ機能を持つタグ
左から、加速度センサ、ID 記録、温度センサ

3.2 システムの概要

本システムは前章で試作した光学タグシステムと前節のセンサ機能を持つタグを用いることにより、ユーザへの情報提示を可能としている。本システムは、環境に設置されているタグとトラックを設置した持ち運び可能なウェアラブルコンピュータから構成される。タグについては、環境に依存する情報や、対象物のステータス情報、センサ情報を記憶する機能を持ち、ユビキタスに設置されることを想定している。一方、ウェアラブルコンピュータは、タグが記憶している情報や位置特定が可能なトラック、取得した情報を表示する PC、取得した情報を直感的に理解するために、拡張現実感システムの手法に利用する実世界の映像を記録するための CCD イメージセンサから構成される。また、それぞれの装置は携帯バッテリーにより駆動している。以下に、システムの概要図（図 3.2）とその情報収集システム（図 3.3）を示す。

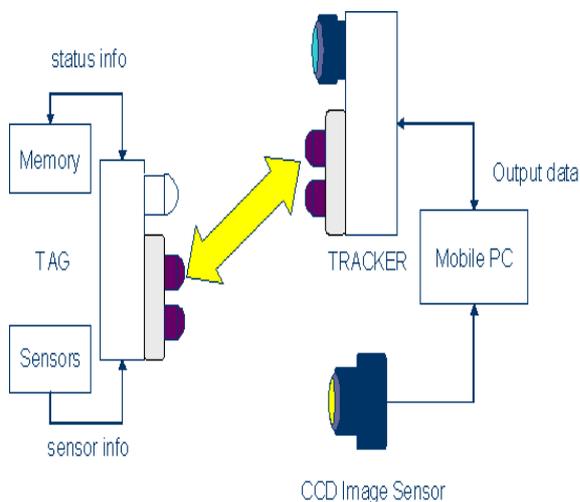


図 3.2: 情報収集システムの概要図

図 3.3: 光学タグを用いた情報収集システム

3.3 情報の提示

光学タグシステムにより取得した情報は、RS232C ケーブルを経由して、持ち運び可能な PC に送られる。また、CCD イメージセンサからは、IEEE1394 インターフェースを使用して映像を取り込む。トラックの CMOS イメージセンサと同一光軸上に CCD イメージセンサは設置されているため、トラックで取得したタグの位置情報を利用して映像と送られてきた情報を重畳表示している。(図 3.4) にあるように、直感的に理解できるような表示方法を利用している。

タグの情報取得は以下のような種類がある。

- NAME
- TEMP
- ACC
- RECORD_ID
- MAP
- ESCAPE ROUTE



図 3.4: 表示画面

○ NAME

対象物の名前（場所名、人名、物の名前）を取得する。

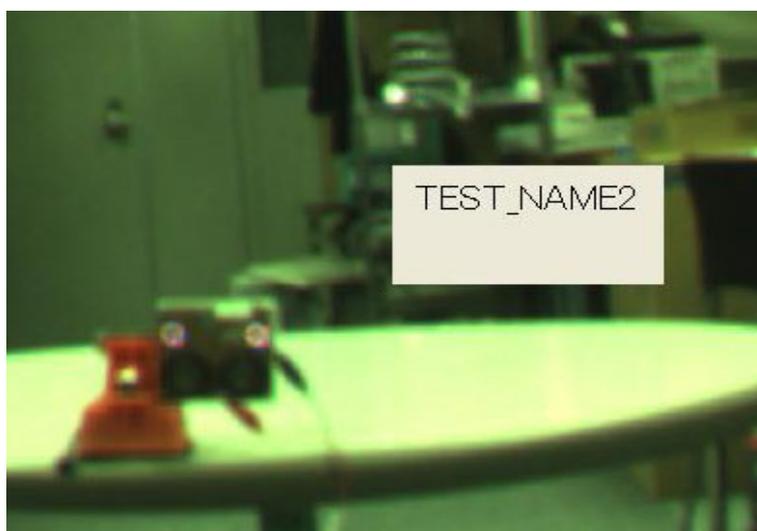


図 3.5: 名前情報の取得

○ TEMP

C8051F300F に内蔵されている、温度センサの情報を取得する。

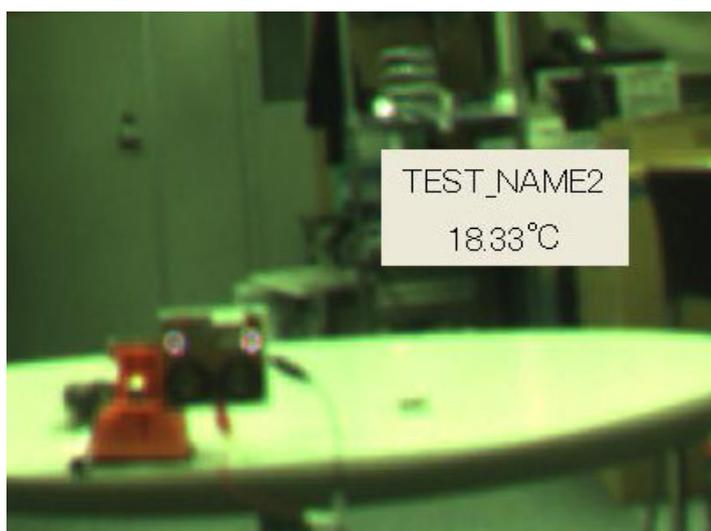


図 3.6: 温度情報の取得

○ ACC

加速度センサ（ADXL202）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）

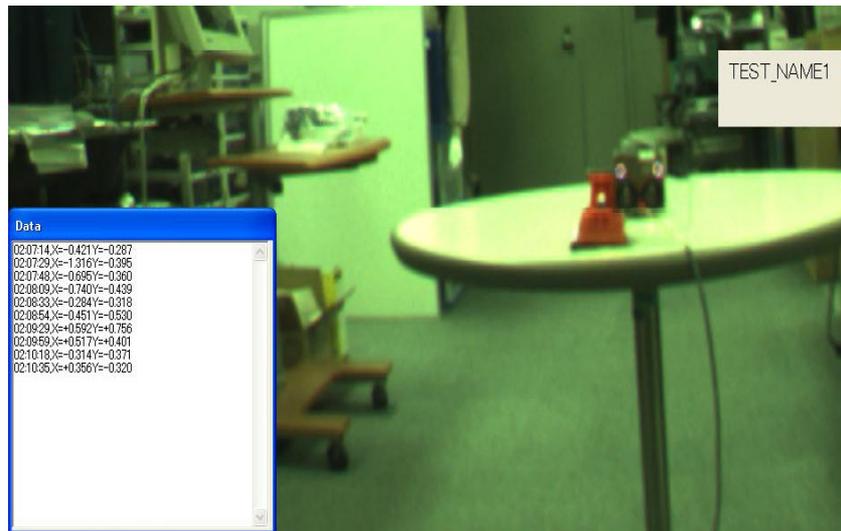


図 3.7: 振動情報の取得

○ RECORD_ID

情報を取得したユーザの ID を取得する。（行動履歴）



図 3.8: ID 履歴の取得

○ 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。

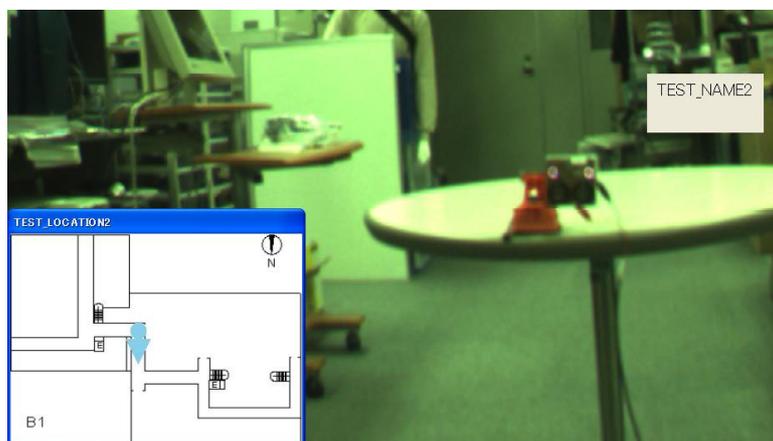


図 3.9: 位置情報と現在の表示

○ 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が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。

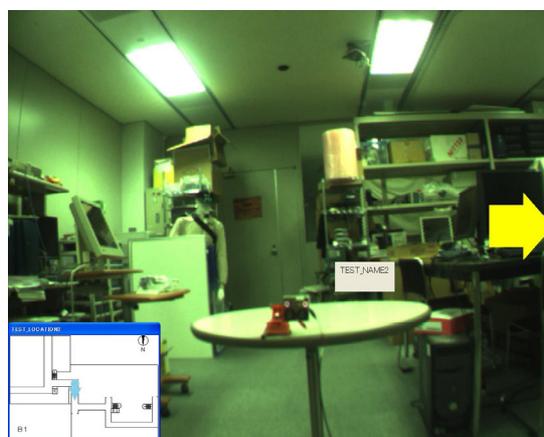


図 3.10: 避難経路の表示

第 4 章

システム評価

本章では、試作した光学タグシステムを実装し、次の項目について評価を行った。

1. 光学タグの ID 認識距離と範囲
2. 光学タグの IrDA 認識距離と範囲
3. 消費電流
4. 移動物体の認識
5. 関連研究との比較
6. 特殊な環境での運用可能性

それぞれの実験において、CMOS イメージセンサに画角 90 度の光学レンズを使用している。

まず、これらの実験の内容と結果について説明する。次に、実験結果を分析し、災害時における情報収集システムとして有効であるか、本手法の光学タグシステムを考察する。次に、実際に災害現場を経験している消防士にインタビュー調査を行ったため、本システムの有用性について述べる。

4.1 光学タグの ID 認識距離と範囲

4.1.1 ID 認識距離

ID 認識距離の実験方法として、タグートラッカ間の距離を 1m ごとに設定し、それぞれの距離において、1 分間の ID 認識回数を計測し、10 回の試行を行った。また、実験環境においては、屋内においては、蛍光灯を設置してある照明下の場合と暗室の場合の二通りとした。

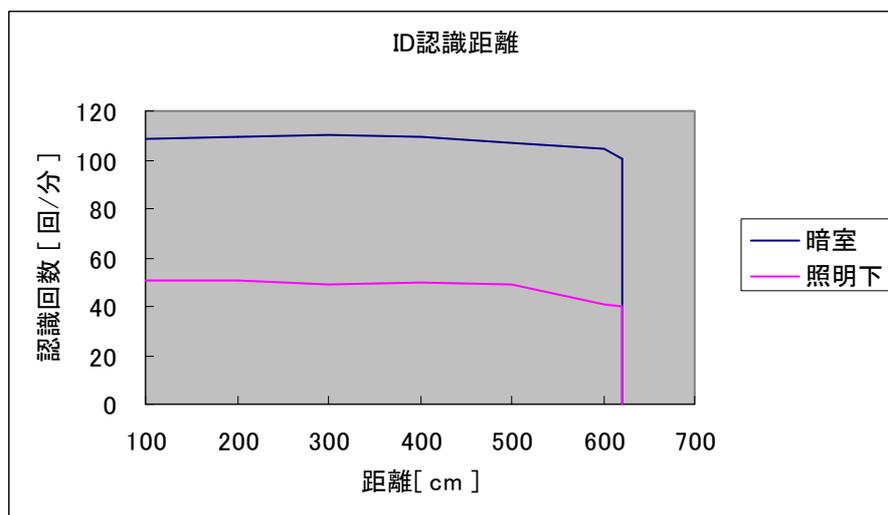


図 4.1: ID 認識距離の実験結果

実験結果について、最大の認識距離を見ると、6m までであることが分かる。これは、タグから発光する赤外 LED の光量が、距離が遠くなるほど減少し、6m~7m の範囲内でトラッカの閾値を下回ったからである。次に、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、照明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。

4.1.1 ID 認識範囲

ID 認識範囲の実験方法として、ターゲットトラック間の角度を 10 度ごとに傾きを設定し、それぞれの角度において、1 分間の ID 認識回数を計測した。認識範囲は 20 回以上の ID 認識が可能な距離を調べることで特定した。また、実験環境においては、屋内における照明下とした。

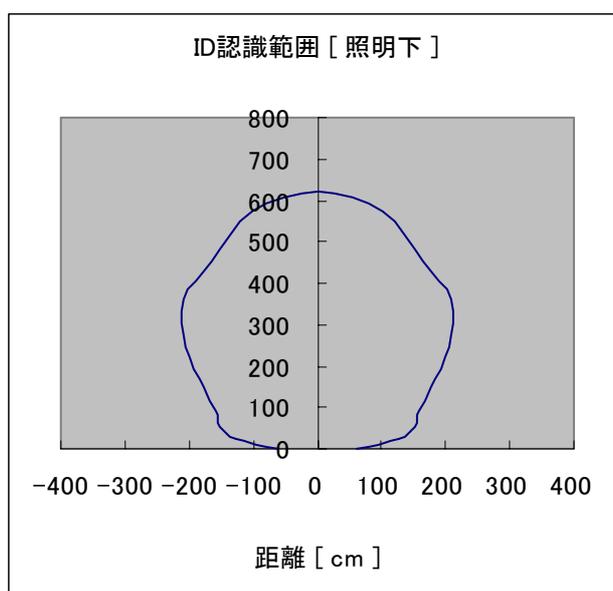


図 4.2: ID 認識範囲の実験結果

実験結果のグラフを見ると、LED の指向性が存在することが解る。また、実験方法として、一分間で 20 回以上の ID を認識範囲に設定するとしたが、先ほどの認識距離と同様、ある一定の距離になると認識できなくなり、それまでの範囲であれば、認識回数が極端に変化することはなかった。

4.2 光学タグの IrDA 通信距離と範囲

4.1.1 IrDA 通信距離

IrDA 通信距離の実験方法として、タグとトラック間の距離を 20cm ごとに設定した。それぞれの距離において、トラック側よりデータ送信を要求する信号を発信し、タグから戻ってくるデータの回数を計測し、100 回の試行を行った。また、実験環境においては、屋内における照明下とした。

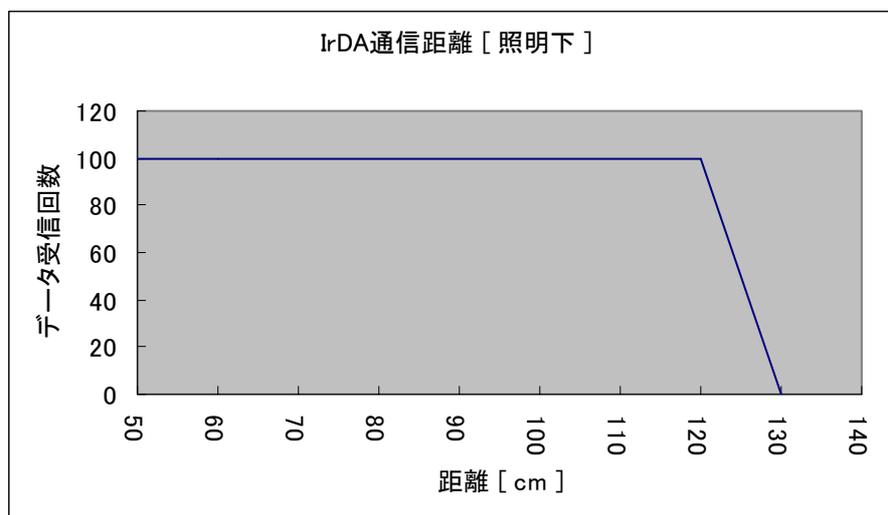


図 4.3: IrDA 通信距離の実験結果

実験結果の最大の認識距離を見ると、約 1 m20cm までが通信可能な距離であることが分かる。また、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ると言える。

4.1.1 IrDA 通信範囲

IrDA 通信範囲の実験方法として、ターゲットトラック間の角度を 10 度ごとに設定し、それぞれの角度において、トラックよりデータ送信の要求を発信し、タグから戻ってくるデータの有無で範囲を特定した。また、実験環境においては、屋内における照明下とした。

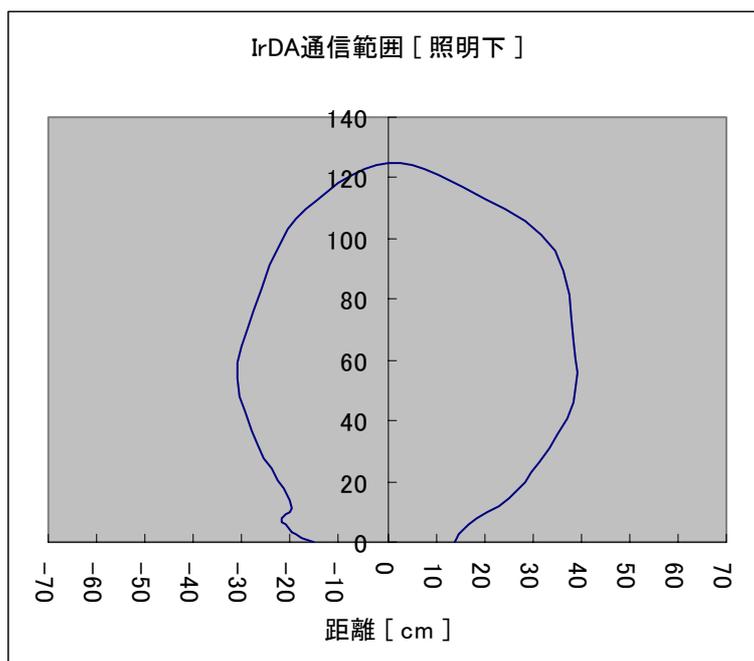


図 4.4: IrDA 通信範囲の実験結果

実験結果のグラフを見ると、IrDA の指向性が強くトラックの前にタグが存在しないと IrDA による通信が行えないことが解る。また、通信距離と同様に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 IrDA による通信ができていた。

4.3 消費電流

アクティブ型のタグシステムを日常的に運用する場合、省電力化は重要な課題である。また、災害時等において、停電が発生した場合、より長い間駆動することが重要となってくる。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。

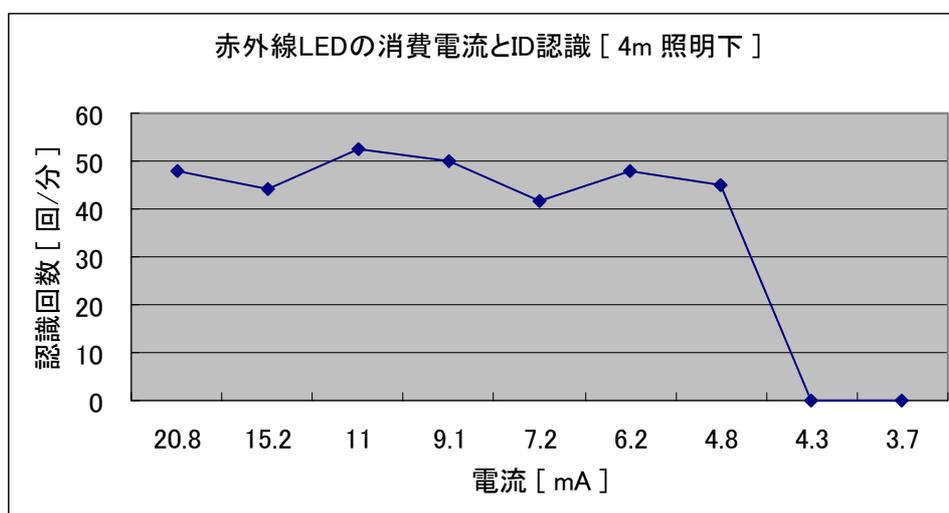


図 4.5: 消費電流の実験結果

実験結果のグラフを見ると、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[14]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。

4.4 移動物体の認識

移動している物体にタグを取り付けた場合を想定して、Robovie - R にタグを取り付け、等速移動させることにより、移動物体の認識速度について計測した。実験方法としては、トラックと Robovie - R の距離を 2m、4m、6m に設定し、スピードを 50mm/sec、100mm/sec、200mm/sec の三段階による比較を行った。また、Robovie - R は 50cm の間隔を 3 回往復させて、タグの認識速度を計測し、各 10 回の試行を行った。また、実験環境は照明下で行った。



図 4.6: Robovie - R と実験風景

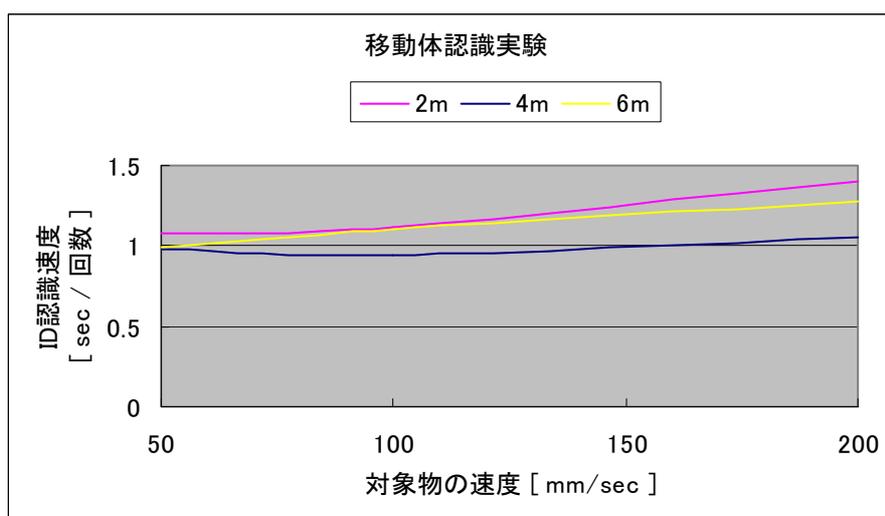


図 4.7: 移動体認識の実験結果

実験結果から、 $4\text{m} > 6\text{m} > 2\text{m}$ の順で認識速度が良いことが解る。また Robovie - R の速度が上がれば、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。

4.5 関連研究との比較

本節では、田浦らが提案している単一カメラを利用した光学タグシステム[16]との比較実験について説明する。

本研究では、タグ認識用のカメラと撮影用のカメラを分離することにより、高速なタグ認識を実現している。一方、田浦らが提案するシステムでは、30Hz のフレームレートで撮影する一般的なカメラを使用し、光学タグの認識を行っている。フレームレートの遅さをカバーするため、毎回、光点を特定し、デコードを行うのではなく、背景とのテンプレートマッチングを行うことにより、光点の追跡を可能としている。

実験の方法としては、前節の **Robovie - R** を使用し、移動物体の認識と同じ方法、同じ環境で、距離を 2m としている。また、実験結果として、時系列にタグ認識の差を見るため、秒間の認識率を表示している。



図 4.8: 単一カメラ

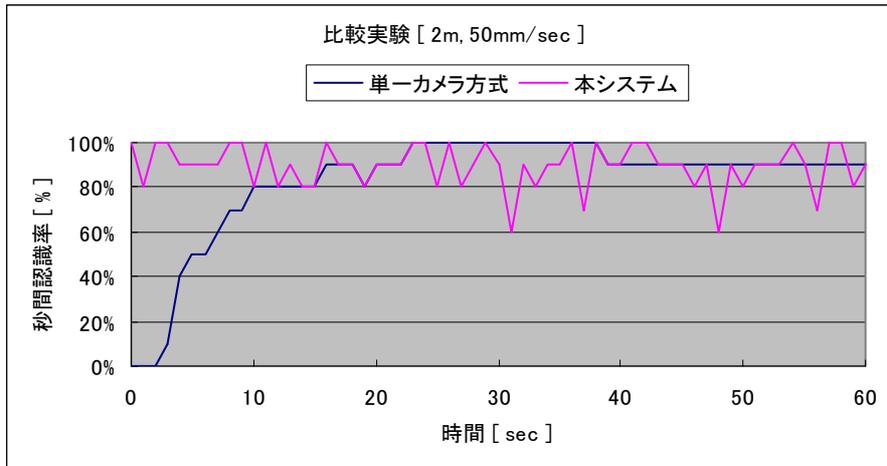


図 4.9: 比較実験 2m 50/sec の実験結果

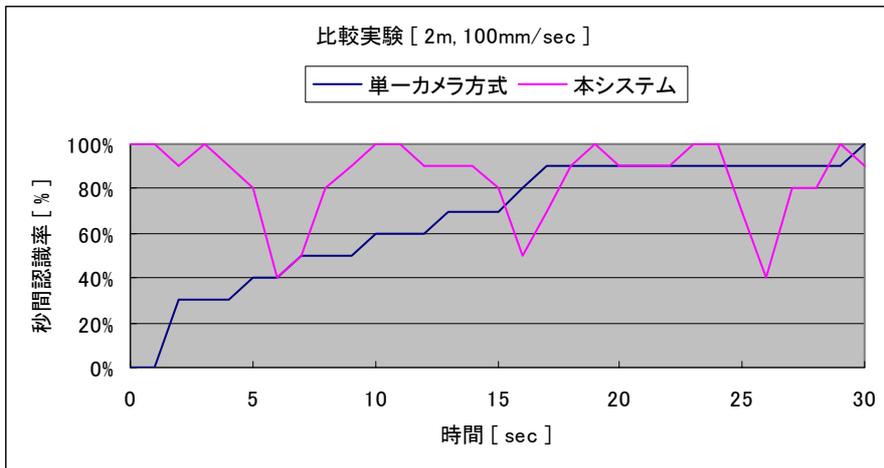


図 4.10: 比較実験 2m 100/sec の実験結果

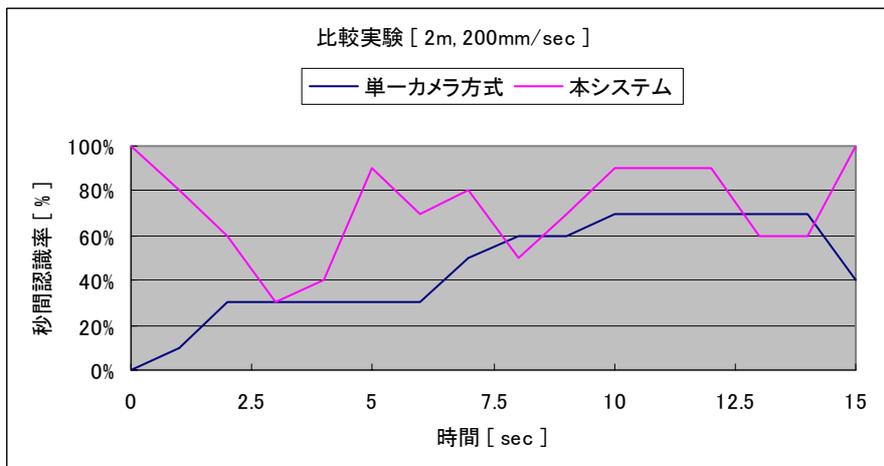


図 4.11: 比較実験 2m 200/sec の実験結果

二つのシステムの大きな違いは、最初の認識速度である。本システムでは、200Hzのタグを使用しているが、単一カメラ方式では30Hzのタグを使用している。そのため、本システムでは1秒以内にタグを認識できているにもかかわらず、単一カメラ方式は10秒ほど時間がかかっている。一方、一度タグを認識すると単一カメラ方式のほうが、認識率が高くなる、その理由はテンプレートマッチングをおこなっているため、近くに存在する光点を追跡する機能があるためである。そのため、Robovie - Rの挙動変化においても、問題なく追跡できている。一方、本システムは、Robovie - Rの往復時の停止と発進における挙動変化の影響を受けていることが解る。さらに、Robovie - Rのスピードが上がると、より認識率は低下している。しかし、全般的にみて、本システムの方が、どの速度においても認識率が高く、安定したタグ認識ができていることが解る。災害時などの特殊な環境での使用を想定した場合、できるだけ早い認識と安定した認識を行う必要があり、本システムの手法の方が適していると考えられる。

4.6 火災発生時の運用性

本節では、災害時の情報収集システムとして本研究の光学タグが特殊な環境である火災時においても、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（図 4.12）のような屋外において計測を行い、タグトラッカの距離を正面 2m とした。また、（図 4.13）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。

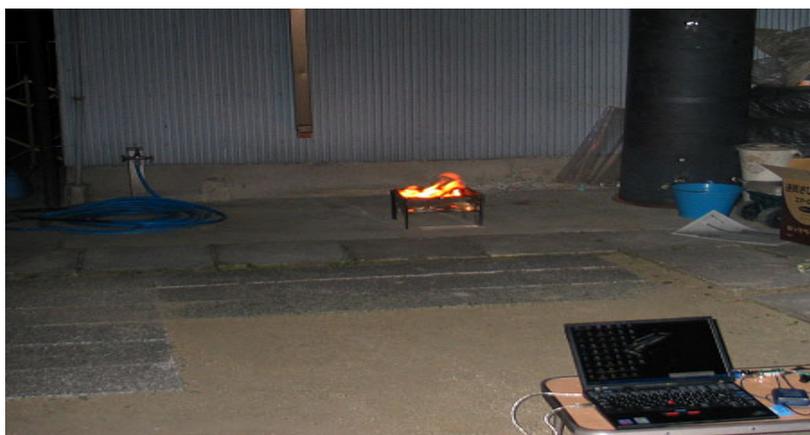


図 4.12: 火災時におけるタグ認識の実験風景

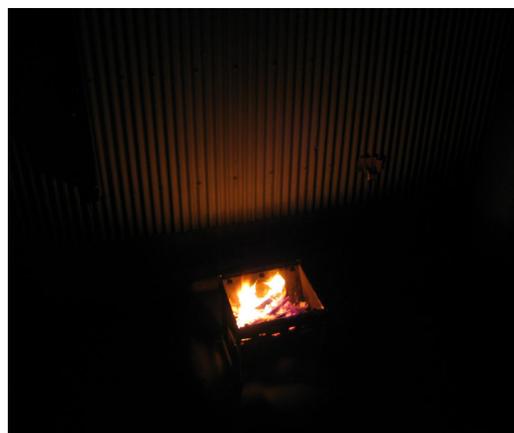
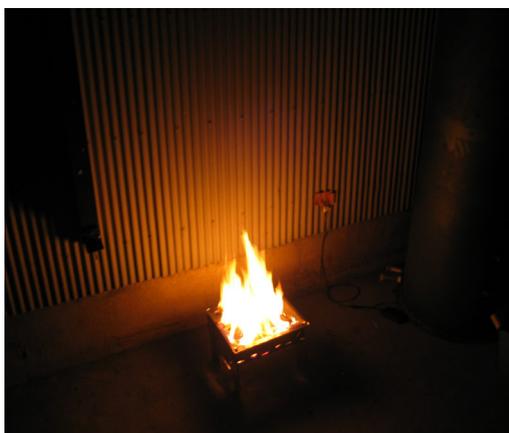


図 4.13: 左 : 火元[大] 右 : 火元[小]

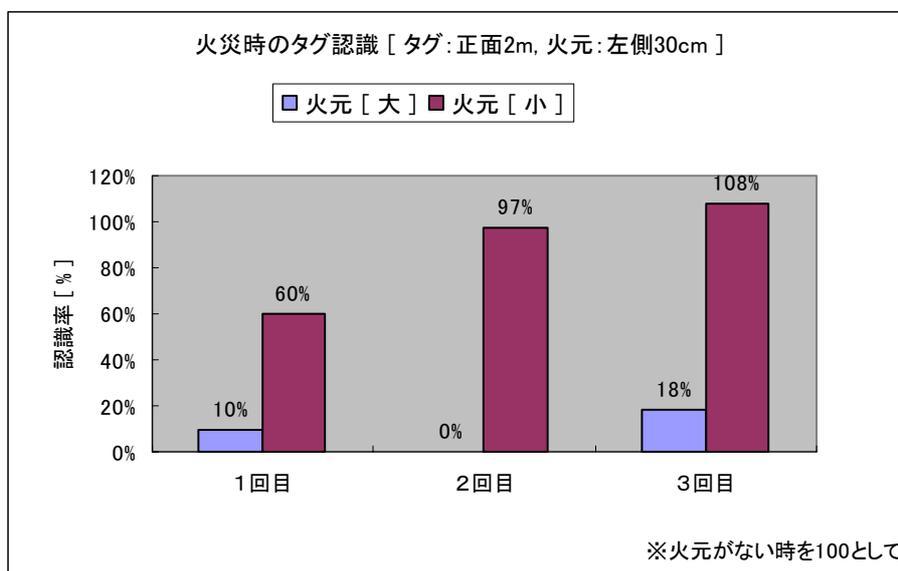


図 4.14: 火災時におけるタグ認識の実験結果

実験結果より、(図 4.14) 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解った。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。

4.6 分析

本節では、ここまで見てきた実験結果をもとに、本研究の手法が災害時における情報収集システムとして有効であるか分析を行う。

4.7.1 タグ認識について

それぞれの実験結果から、タグの認識はタグとトラックの距離が 6m 以内であれば、移動している物体に対してもタグ認識が可能であることが示された。また、関連研究との比較実験から、安定したタグ認識が可能であり、光学タグを災害時における情報収集システムとして適用を考えた場合、本手法の有効性が示された。

また、火災を想定した実験においては、火元「越し」でなければ、火災が発生しても本システムが運用できることが示された。仮に、大火災が発生した場合であっても、認識できないタグ以外の使用可能なタグから情報を収集することが可能である。

4.7.1 IrDA 通信について

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、データ取得可能であることが示された。この結果から、本システムを使用するユーザは、まず、6m 以内でタグの存在を認識し、データを所得するために、タグの前まで移動し、データを受信することになる。災害時に本システムを使用することを想定した場合、ユーザの危険を回避し、すばやい情報提示をするためにも、タグ認識と同程度の距離でデータ取得ができる必要がある。

4.7 インタビュー調査

本節では、摂津市消防署の皆様にご協力いただき、本研究についてのインタビュー調査を行ったので、その内容を述べる。

対象は以下の3名である。

消防司令補（男性）：1名

消防士（男性）：2名

インタビュー項目は以下の内容である。

- 「災害現場の救助・消火活動において、欲しい情報は何か？」
- 「災害現場で状況の把握を行うために使用している機材はあるか？」
- 「災害現場で状況を把握する場合にどのような情報を利用しているか？」
- 「現在位置、周辺温度、振動の履歴などの情報を取得可能であれば役立つか？」

まず、欲しい情報については、「特にない」という意見が多かった。その理由として、火災が発生した場合であれば、火元の場所、発生時間、危険物の有無などの情報が重要であるためである。そのため、現場に駆けつけるとまず、守衛室等の警備員からの情報を得てから、救助・消火活動を行うために建物内に侵入するとのことだった。

次に、使用している機材については、実際の現場では特別な機材を使用していないとのことであった。救助活動時も、防火服、酸素ボンベ、無線を持ち、腰にロープを結び、2人1組で建物内に入っていくとのことだった。では、どのようにして災害現場の情報を把握しているかという点、火や煙を目視して判断しているとのことだった。例えば、「炎が天井まで届いていると、5分以内にフラッシュオーバーが起こる」や、「煙の色は、白色から黄色、そして黒色へと代わって行き、煙の色が黄色であれば退避する必要ある」などである。炎が天井まで届くまでに、室内の可燃物が加熱されて、熱分解をおこし、放出された可燃性ガスが燃焼しないまま溜まっている。そのため、ガス濃度と温度が一定水準に達して一気に燃えあがるためフラッシュオーバーが発生する。また、煙の色での判断は、白色の煙は湯気の種類なので、温度が急激に

あがることはない。しかし、黄色の煙は可燃物が熱分解を始めたことを表し、黒い色は燃えきれずに残った灰や一酸化炭素が発生しており、フラッシュオーバーの前兆を表している。また、消防施設を利用して、「誘導灯や表示灯（20分間点灯）が消えていれば退避する必要がある」などのように状況把握を行っている。その理由は、蓄電池型の予備電源を使用している場合、誘導灯や消火設備などの表示灯は20分間、点灯するよう消防法で定まっている。そのため、点灯が消えているのは、災害が発生して20分以上経過していることを表し、建物内に留まっているのは危険であることを表している。

本研究のシステムが役に立つかについては、「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。どこで何が起こっ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。

まとめると、消防士は災害現場などの建物に侵入する必要がある時、できるだけ建物内での作業時間を減らすため、事前に情報を収集したいとのことだった。また、経験を積んだ消防士であれば、火や煙を目視することで状況を把握することができるとのことだった。また、本研究のシステムについて、有用であるとの意見だったが、避難者などの一般の人が使用する方が良いだろうとのことだった。

侵入前の消防士に対して、建物内部の情報を提供する方法として、災害現場の情報を収集しながら避難してきた人の情報を統合し、消防士に提供する方法が考えられる。出入口にデータを蓄える端末を用意し、避難者は得た情報を端末に記録し、消防士はそのデータを参照してから建物に侵入することで、事前に建物中の状況を把握できると考える。また、一般の人が情報収集システムを利用することを考えると、ユーザが所有する携帯電話と携帯電話内蔵のカメラで本システムを構築することにより、災害時の情報収集と状況把握が出来ると考えられる。

第 5 章

結論

5.1 本研究のまとめ

本論文では、ネットワークの構築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、災害時における、ユーザ周囲に存在する情報を直接取得することで、不安定なネットワークを介さず、安定した情報提示ができる点である。

本手法を実装するために、まず第 2 章では、光学タグシステムの問題であるターゲットトラック間の通信速度の遅さを問題に挙げ、その問題を解決するタグとトラックの試作機について述べた。

第 3 章では、その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った。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。また、情報収集システムの内容について述べた。

第 4 章では、各種の評価実験から、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。また、インタビュー調査により、本システムが有用であることを確認した。

5.2 今後の課題

光学タグを用いた災害時の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。

5.2.1 IrDA 通信の距離

IrDA 通信の距離の短さについて、本システムにおいては、1m 程度の通信距離しかなく、データ通信を行うためには、タグの前まで移動する必要がある。この問題の対策として、IrDA モジュールを長距離型のものに変更することが考えられる。また、通信速度の低下が懸念されるが、リモコン素子を採用する方法がある。

5.2.2 電源

消費電流の実験より、タグの消費電流が既存研究[14]よりも低下させることができたことが示され、より長時間の稼働が可能となったことが解った。しかし、停電などが発生する災害時には、より消費電力の低いタグ、あるいは無電源なタグ[17]であることが望ましい。しかし、タグ認識の距離を得ようと考えたとタグの光量と消費電力はトレードオフの関係にあり、一概に消費電流を下げることはできない。その対応策として、セミパッシブ方式の採用などが有効だと考える。トラックからの信号を感応した時だけ、ID 発信とデータ送信を行うことにより、電池の長寿命化が可能になると考えられる。

5.2.1 小型化

現在のシステムは、持ち運ぶために両手を使用する形をとっている。そのため、救助活動や消火活動で両手を使用する場合には使用できないと考えられる。その対策としては、情報表示のディスプレイに HMD を採用するなど、装着型のシステムにすることが考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたっては、多くの方々に多大なご支援をいただきました。まず、ご多忙の中、貴重な時間を割いて丁寧親切な御指導、御鞭撻と格別のご配慮を賜りました、指導教官の國藤進教授には大変お世話になりました。ここに深く感謝の気持ちを表したいと思います。

藤波努助教授、三浦元喜助手には、常日頃から研究に関する有益な御意見、御助言を頂きました。心から感謝致しております。

本研究の実施にあたり、国際電気通信基礎技術研究所(ATR)メディア情報科学研究所にて、研究の機会を与えて頂いた片桐恭弘所長、間瀬健二室長、伊藤禎宣博士に感謝しております。また、伊藤禎宣博士には、常に有益な御意見を頂くだけでなく、公私にわたり大変お世話になりました。また、同 ATR 知能ロボティクス研究所の坂本竜基博士には、常日頃から研究に関する御意見を頂き、研究以外の面でも大変お世話になりました。心から感謝致しております。

創造性開発システム論講座の皆様には、常日頃から研究に関する助言や議論を重ねていただき、研究以外の面でも大変お世話になりました。心から感謝致しております。

また、本研究に御協力を頂いた、摂津市消防本部の皆様には深く感謝致しております。

最後に、進学に理解を示して頂き、常日頃から支えてくれた両親に深く感謝の気持ちを表したいと思います。

2005年2月

市原 貴雄

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] 志水英二，知的消防服，<http://www.sansokan.jp/kenkyu/seeds/wear06.php>

- [4] 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.

- [5] 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.

- [6] 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.

- [7] 野田五十樹，中島秀之，アドホックネットワークによる災害時臨時情報共有システム，文部科学省 大都市大震災軽減化特別プロジェクト

- [8] 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.

- [9] 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検討会, 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, 2004.
- [10] 天野久徳, 稲葉昭夫, 田畑克彦, ガレキ下に取り残された要救助者探査に必要な要素技術に関する研究, 文部科学省 大都市大震災軽減化特別プロジェクト.
- [11] J.Rekimoto and K.Nagano, The World Through the Computer Augmented Interaction with Real World Enviroments, in ACM Symposium on User Interface Software and Technology(UIST' 95), pp29-36, 1995.
- [12] 松下伸行, 日原大輔, 後輝幸, 吉村真一, 暦本純一, ID Cam:シーンとIDを同時に取得可能なイメージセンサ, インタラクシオン 2002, pp.9-16.
- [13] 青木恒, カメラで読み取る赤外線タグとその応用, インタラクティブシステムとソフトウェア VIII, pp.131-136, 2000.
- [14] 伊藤禎宣, 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オン記録装置, インタラクシオン 2003, pp.237-238.
- [15] D. J. Moore, R. Want, L. Harrison, A. Gujar, and K.Fishkin, Implementing Phicons:CombiningComputer Vison with InfraRed Technology forInteractive Physical Icons, UIST ' 99, pp.67-68, 1999.
- [16] 田浦善弘, 坂本竜基, 篠沢一彦, 小暮潔, 藤波努, テンプレート追跡による光学タグ認識, インタラクシオン 2004.
- [17] 中村嘉志, 西村拓一, 伊藤日出男, 中島秀之, 無電源でIDと位置を発信するインタラクティブ情報端末ID - CoBITの実現, 情報処理学会マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム(DICOMO2003)論文集, pp.481 - 484, 2003.

本研究に関する発表論文

- [1] 市原貴雄, 伊藤禎宣, 間瀬健二, 國藤進, 位置特定と高速通信が可能な光学タグシステム, 第 18 回人工知能学会全国大会, 2004.
- [2] 伊藤禎宣, 市原貴雄, 坂本竜基, 間瀬健二, 國藤進, 赤外線 ID タグを用いた自己記述的な環境の構築, 第 111 回ヒューマンインタフェース研究会, 2004.
- [3] 市原貴雄, 伊藤禎宣, 間瀬健二, 國藤進, ネットワークの構築が困難な環境における情報収集システム, 第 55 回グループウェアとネットワーク研究会, 2005 (発表予定).