

自律分散協調による避難誘導システムの開発

DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED AUTONOMOUS COOPERATIVE EVACUATION GUIDANCE SYSTEM

瀧本 浩一¹・三浦 房紀²・松元 隆博³・
関原 弦⁴・組田 良則⁵・山本 真吾⁶

¹ 博士（工）（防災システム工学）山口大学大学院准教授 環境共生系専攻
(E-mail:takimoto@yamaguchi-u.ac.jp)

² 工博（防災工学）山口大学大学院教授 環境共生系専攻 (E-mail:miura@yamaguchi-u.ac.jp)

³ 博士（工）（通信工学）山口大学大学院助教 電子情報システム工学専攻
(E-mail: matugen@yamaguchi-u.ac.jp)

⁴ 株式会社フジタ 技術センター先端システム開発部 (E-mail:ysekihara@fujita.co.jp)

⁵ 株式会社フジタ 技術センター先端システム開発部 (E-mail:kumita@fujita.co.jp)

⁶ 株式会社フジタ 技術センター先端システム開発部 (E-mail:syamamoto@fujita.co.jp)

地下街等の閉空間で火災等の災害が発生した際には、災害状況は刻々と変化している。しかしながら避難者にはその状況を判断しながら避難することはできない。そこで、地下街等の閉空間内の火災の状況に応じて避難誘導を行うため、天井に設置する各種センサーや無線 LAN による送受信機を搭載した装置を用いた自律分散協調型避難誘導システムの開発を行った。さらに、開発したシステムを実際の建物内に配置して火災が発生したという想定で検証実験を行った。また、開発したシステムの拡張機能として、システムのセンサーで取得した情報を建物外にいる消防隊等に提示する端末システムも開発した。

キーワード：避難誘導システム，火災，自律分散協調，センサー，無線 LAN

1. 背景・目的

地下街や建物内などの閉空間において災害が発生した場合、そこに居る人々は急いで安全な場所へ避難しようとする。しかし、現実の災害時においては、火災の進展状況の変化により、あらかじめ定められた避難経路・避難場所の安全性は変化する。そのため、現在は、状況に応じた避難誘導手法として、建物管理者や消防隊、警察官などが拡声器を用いた音声による情報提供を行うことが多い。これらの現状から、より積極的に効率のよい避難誘導が必要であることから、この分野の研究では、主に光や音等を使った避難者に対しての提示部分についての検討と対象空間内での避難経路の決定等の戦略的な避難誘導に関する検討が主になされている。前者においては、例えば、松野によって避難者への光の走行や先行音の工夫などの提示方式についての研究¹⁾がなされており、掛井らは経路図や矢印といった提示内容についての検討も行った²⁾。また、後者では、例えば、中島らによってマルチエージェントの応用として GPS 携帯を用いて避難者エージェントに地図と経路情報を提供して、避難者をコントロールするモデルをコンピュータ上でシミュレーションを行った³⁾。また、同様の避難誘導をさせるた

め、神成らは携帯端末による効果的な避難誘導方法を考察した⁴⁾。このように避難誘導システムに関しての既往の研究は提示機器および方法の検討が多く、また避難誘導を制御する場合も避難者の携帯端末に対し、サーバ類を設置しての集中制御方式が多い。このようなシステムは、一般の地下街等では、防災センターなどから集中管理をしているので、導入しやすいといえる。しかしながら、この種のシステムになればなるほど、例えば小規模店舗や期間によってその都度経路が変わる仮設展示場等への設置、運用は費用面からも現実的ではなく、サーバなしで、避難誘導ができるシステムが必要である。

そこで本研究では、例えば、仮設展示場や小規模店舗の閉空間内の天井に家庭の火災報知機設置の容易さで設置でき、火災の状況に応じて避難誘導を行うための各種センサーや無線 LAN による送受信機を組み込んだ安価な装置（以下、ユニット）を設置し、ユニットから適切な避難誘導情報を逐一、光誘導装置や音声誘導装置を通じて情報を提供できる自律分散協調による避難誘導システムの開発を行った。ここでいう自律分散協調とは、個々に設置したユニットが他のユニットや他のシステムとは独立して自律的に付属のセンサー情報から情報を収集し、光や音による誘導装置を稼働させることができること。

また、隣接ユニットが存在し、必要な場合は他のユニットに対して火災を検知したセンサー情報や避難経路の情報を送受信して協調関係をつくり、ユニット群として避難者へ出口への誘導経路を提示できることをいう。これにより展示施設など対象とする空間の広さや通路の変化、それに合わせたユニットの配置パターンにかかわらず、設置ができ、避難誘導システムとしての役割を果たすことができる。本研究の最終目的は、実用ユニットの開発およびユニットとネットワークの耐熱、耐水、処理速度を含む消防防災機器として動作保証する検証実験を行うことであるが、本論文においては、まず実用化に向けて、選定した各種センサー情報の収集、その情報をもとに異常と判断して、ユニット間で情報交換ができること、それを実行するアルゴリズムを開発すること、さらにその得た情報により光や音による誘導装置の動作の可否など避難誘導システムとして基本的な動作が可能であるかを確認するところまで行ったので報告する。

2. システムの概要

本システムのイメージを Fig. 1 に示す。ユニットには、温度、CO、煙センサー等とマイコン、無線 LAN を組み合わせたもので実現する。このユニットを閉空間内の出入口と、曲がり角や交差路の天井に設置する。火災等が発生した場合、各出入口天井に設置したユニットから一斉に無線 LAN で接続されている近くのユニットへ後述する情報を送信し、情報を受信したユニットはその情報をプログラム処理し、また近くのユニットへ送信すると

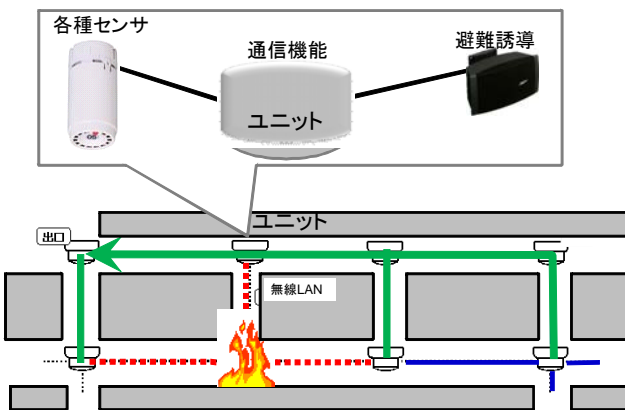


Fig. 1 システムのイメージ図

いう処理を繰り返して次々とリレー式で情報を送信していく。ここで、「近くの」ユニットとは、隣接する交差路に設置してあるユニットを指す。また、送受信される情報の内容というのは、出口までの距離・ルート、センサー情報をもとにした通路閉塞情報などである。最終的には、避難者のいる地点に最も近いユニットから直接、光

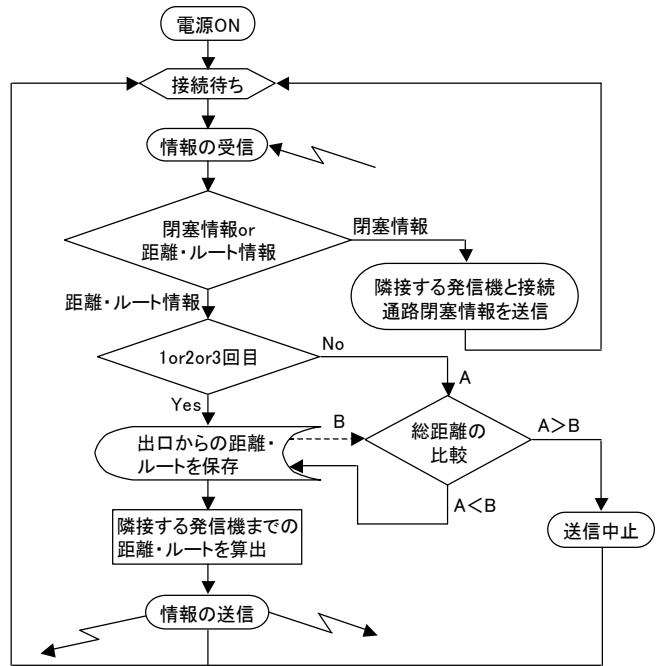


Fig. 2 ユニットの処理の流れ

Table 1 各ユニットが受信する情報の内容

情報の内容	意味
出口から対象ユニットまでの経路	出口から対象ユニットまでどのような経路で情報が送られてきたか
出口から対象ユニットまでの距離	出口から対象ユニットまでの総距離
センサー情報	各種センサー情報
通路閉塞情報	センサー情報による通路閉塞の有無

Table 2 各ユニットが送信する情報の内容

情報の内容	意味
出口から次ユニットまでの経路	出口から次ユニットまでどのような経路で情報が送られてきたか
出口から次ユニットまでの距離	出口から次ユニットまでの総距離
センサー情報	各種センサー情報
通路閉塞情報	センサー情報による通路閉塞の有無

による誘導装置や音声誘導装置を通じて最適な避難誘導得られることができるようにするものである。

3. システム開発の概要

3.1. ユニット内の情報処理アルゴリズム

ユニットにおける情報処理の流れをフローチャートにしたものを Fig. 2 に示す。隣接するユニットから Table 1 に示すような情報を受信する。ここで、この受信が 1 回目、2 回目、3 回目の場合は、それぞれの出口から対象ユニットまでの距離を、その距離が短い順に保存する。そして、出口から隣接する各次ユニットまでの距離・経路

を算出し、Table 2 の情報をそれぞれへ送信する。

次に、ユニットにとって4回目以降の受信の場合は、受信した出口から対象発信機までの距離Aと、以前に保存してある3種類の出口から対象ユニットの発信機までの距離Bそれぞれと比較し、 $A < B$ となるものがあれば、Aの値を保存し、新たに3番目までの避難経路を更新する。

このように、Fig. 2のような処理を行うことにより、ユニットの各発信機は、出口までの避難経路を短い順に3つまで保持して、経路の情報を避難者に提示する。

3.2. ユニットの通信機器部の選定と通信実験

以上開発したアルゴリズムを実装し、ユニットの試作を行うため、それを構成する送受信機について検討を行った。送受信機として必要な機能は、小型で、低価格な構成、各種入出力機能(センサ入力、誘導装置への出力)、無線LAN(他送受信機との通信)があげられる。複数の送受信機を比較検討した結果、Atmark Techno社製のArmadillo-300(Photo1, Table 3参照)を使用することとした。Armadillo-300に先のアルゴリズムを実装して無線通信を確認し、さらに、通信時にセンサー情報の付加も行なった。ただし、この段階では、ユニットに組み込むセンサーは選定中であったため、候補となるセンサーから得られる情報量を算出し、その容量相等のデータの転送を行い、正常に情報伝達ができることを確認した。



Photo1 ユニット試作機に組み込む Armadillo-300

Table 3 試作に用いた Armadillo-300 の仕様の一部

プロセッサ	Digi International NS9750B-0-C200
メモリ	SDRAM : 64MB FLASH : 8MB
シリアルポート	RS232C 2ch
コンパクトフラッシュ	TypeI/II 1 スロット
USB	USB2.0 Host 1ch
外形サイズ	114×140×24 mm
電源	DC5V±5%
消費電力(Typ.)	1.7W
重量	約 275g
Ethernet	Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX

3.3. センサーの概要

適切な避難誘導には、火災発生現場での煙や温度、CO濃度などの情報は必要不可欠である。そこで、天井に設

置する各ユニットにセンサーを付加した。付加したセンサーは、煙センサー、熱感知センサー、COセンサーの3種類とし、いずれかが発報すると、Table 2の通路閉塞情報を発報するとした。以下に用いたセンサーごとに発報する閾値を記す。

- CO : 1000ppm 以上
- 温度 : 50.0℃以上
- 煙センサー1 : 5%以上
- 煙センサー2 : 10%以上
- 煙センサー3 : 15%以上

なお、このセンサーの選定および発報する閾値の妥当性については、消防活動の現場から本研究に協力した山口県防府市消防本部、山口市消防本部、宇部市消防本部の職員3名と消防設備の研究、設計等を行っている共著者の所属である株式会社フジタ技術センターの消防・防火の専門家の意見を参考に検討した。

3.4. ユニット試作機の作成



Photo2 標準ユニット構成



Photo3 出口ユニット構成

本研究では、試作機のユニットを2種類作成した。一つは、避難経路の曲がり角や交差点部に配置する標準ユニットで、Armadillo-300の通信部分と制御用マイコンを搭載したユニット本体と各種センサー(温度、CO、煙)、光誘導装置(LEDによる矢印)、音声誘導装置(音源とスピーカー装置)で構成されている(Photo2参照)。標準

ユニットでは、センサーからの入力情報は、隣接ユニットとの間でデータ送受信され、最短経路演算や異常判定を自律的に実施している。異常時は、避難者へ火災の発生を知らせる警報音として「この付近は危険です。ここから離れてください。」の男性アナウンスの声と避難経路を知らせる誘導装置として、交差点の4方向のいずれかを示す矢印のLEDが点灯する (Photo2 参照)。

また、出口に設置される出口ユニットには、ユニット本体と音声誘導のスピーカーからなる (Photo3 参照)。出口ユニットは、異常が発生した場合、標準ユニットからの情報により全ユニットに対し経路演算指令を送信すると共に、スピーカーからは出口を知らせる誘導音としてピンポンの提示音の後に「非常口はこちらです。」の女性によるアナウンスが流れる。

4. システム稼働実験の概要

作成した試作機を2種類の実際の建物に設置して実験を行った。本実験は、今後実用化に向けて以下に列挙する項目を確認することを目的として行った。

- ・ 先に説明したアルゴリズムが実装したユニットにおいて稼働するかの確認
 - ・ 先のアルゴリズムによりユニット間での通信、情報伝達の可否の確認
 - ・ センサーとアルゴリズムとのやりとりとそれにより光や音による誘導装置が正しく稼働するかの確認
- 以上のように本実験は、まず提案するアルゴリズムをもとに実装したシステムが稼働できるかの確認を行った。

4.1. 実験その1

(1) 実験方法

Fig.3 に建物の概要とユニット配置図を示す。実験は、Y 大学構内の講義棟の1フロアを対象とし、曲がり角および交差点部に標準ユニット6台 (●丸) と、出口ユニット1台 (●丸) を配置して行った。実験では、設置時から異常時までを想定し、温度センサーを加熱して火災の発生を想定、以下の項目について確認を行った。

①起動時の処理

出口ユニットからの経路探索指示の送信と、各ユニットの経路演算処理の確認を行い (Photo4 参照)、予め立てた予想との比較および誘導装置の表示方向を確認する。

②標準ユニット異常時の処理

任意ユニットで人為的に温度センサーを加熱して異常を発生させ、異常判定と出口ユニットまでの情報伝達ならびに誘導音発生を確認する。

③出口ユニット異常時の処理

異常情報受信後の再経路探索指示の送信ならびに誘導

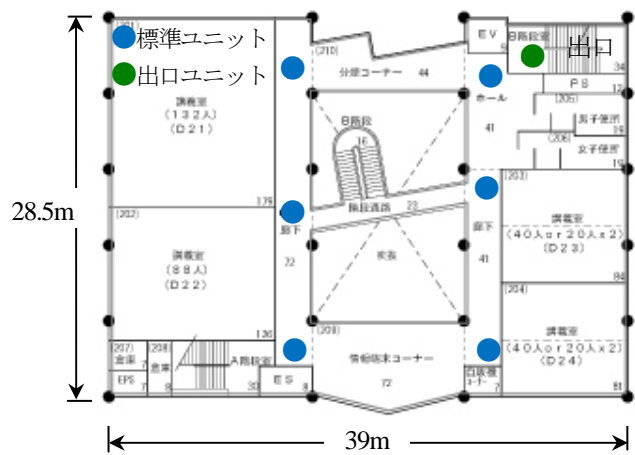


Fig.3 実験その1の建物概要とユニット配置

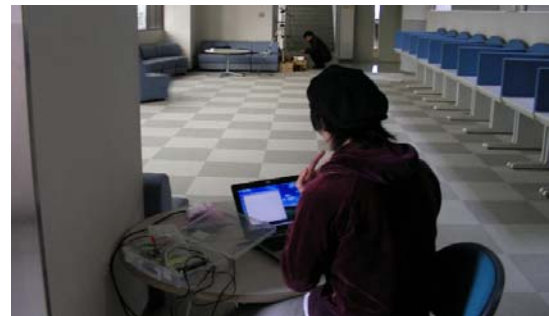


Photo4 実験の様子 (動作のモニタリング中)

音発生を確認する。

④標準ユニット再経路演算の処理

再経路探索指示を受け異常ユニットを除いた各ユニットの経路演算処理の確認と予め立てた予想との比較を実施。また、誘導装置の表示方向を確認する。

(2) 実験結果と考察

①起動時の処理

Fig.4 に動作の一例を示す。出口および標準の各々のユニットについて起動時には正しく動作する事を確認した。すなわち、火災が起きる前の平常時での出口への経路について、経路探索の結果が、図中の緑色の矢印の方向を示し、エラーを生じることなく、アルゴリズムが処理を行っていることと、それに連動して光誘導装置であるLEDも緑矢印の方向に点灯したことが確認できた。

②標準ユニット異常時の処理

任意の標準ユニットの温度センサーに火を近づけ、人為的に温度を上昇させ異常状態を作り、正しい異常判定動作 (火災警報音の発生、情報送信) の実施を確認した。Fig.5 に異常により経路が変更された演算結果の例を示す。Fig.5 中の赤色の矢印が更新された避難方向である。同図中の左下のユニットの方向が Fig.4 の上方向から火災発生後は Fig.5 の右方向に変化している。これによりアルゴリズムが正常に実行されていることが確認できた。

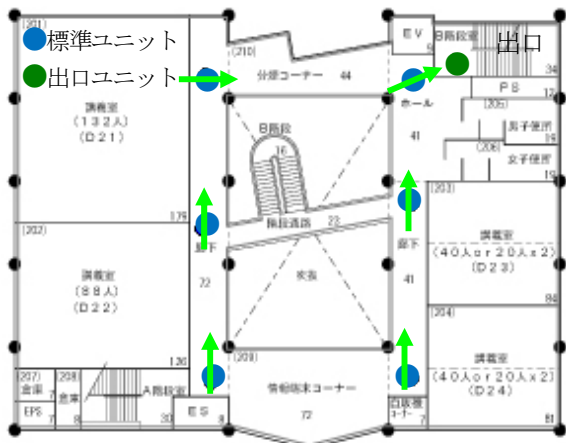


Fig. 4 起動時の経路演算結果

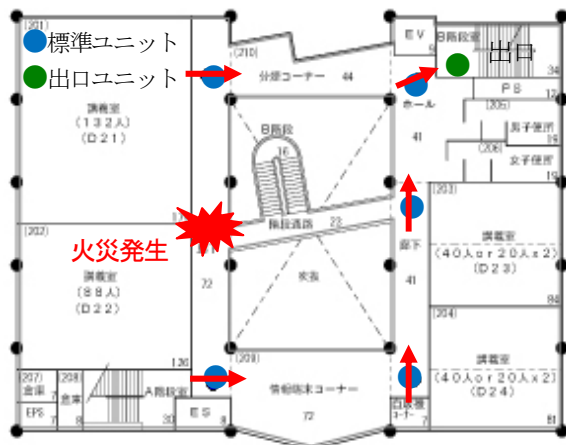


Fig. 5 起動時の経路演算結果

③出口ユニット異常時の処理

②の処理の後、火災発生（通路閉塞）の情報がユニットから伝達されて出口ユニットに到着後、出口の誘導音の発生が正しく実施された事を確認した。

④標準ユニット再経路の演算

異常発生による再経路演算について正し結果が得られる事を全てのユニットで異常をさせた場合において確認した。

4.2. 実験その2

(1) 実験方法

次に、実験その2では、Fig. 6に示す実際のオフィスビルの同一階のフロアにユニットを設置し、実験を行った。実験では、12台のユニットを組み合わせ、これらユニットに対して実験その1とは異なり、複数の出口と火災延焼を想定してユニットの火災感知数を時間とともに増加させるなど、条件をパラメトリックに変えながら、避難方向を提示する矢印のLEDが正しく点灯するか、実験を行った（実験A）。さらに、システムへの負荷テストとして、ユニット間の通信回数の増加や同時多発的に火災が発生した等の想定で複数のユニットに同時に情報を与え

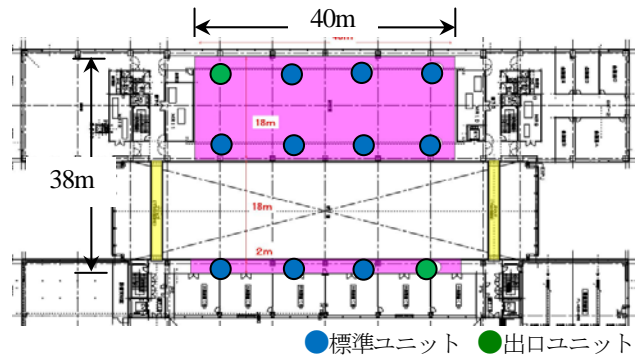


Fig. 6 実験に用いたオフィスビル平面図

て、実験その1と同様に正しく避難誘導ができていないかの確認も行った（実験B）。

(2) 実験Aの結果と考察

実験結果として Fig. 7に火災発生箇所増加に伴う避難誘導方向（矢印）の変化をそれぞれ示す。火災を感知したユニットが発する SOS 通知による最短経路の探索と表示、火災発生ユニット増加による避難経路の変更（迂回）、火災進展に伴う新たな通路閉塞による避難経路表示の取り消しが正常に行われていることが確認できた。

以上、その他同様のケースの実験においても、全てのユニットについても正常な働きをしており、複数の出口の条件下において、火災を感知するユニットが増加しても、避難経路の探索と表示に関して本システムは問題なく稼働していることがわかった。

(3) 実験Bの結果と考察

次に、実験Bについて述べる。本システムを実際の地下街やビル等に設置する事を考えた場合、より厳しい状況にも対応できることが必要である。そこで、システム全体の信頼性を測るため、今回の実験で用いたユニット間のネットワークにおいて限界に近い無線通信回数が増加するよう火災発生点を設定した。さらに、爆発等を想定して順次増加させていた火災を一度に全て発生させさせる等して、本システムの無線通信の信頼性、耐久性を確認した。以下にその結果と考察を示す。

まず、火災によっては爆発的に火災の延焼が進む場合、システムが経路探索を終了するよりも早く新たな火災発生を感知する場合も考えられる。そこで、Fig. 8の下端右端のユニット①を火災の発生源と想定し、そこから順に隣接するユニットへ早い速度で延焼させていくことにした。ここで、センサーが SOS 通知を出す閾値を超える間隔を2分、1分半、1分の3パターンをとした。実験結果としては、2分および1分半毎に SOS を発生させた場合は経路探索、センサー情報の送信は正常に動作することが確認できた。しかし、1分毎に SOS を発生させた場合、経路探索の完了が間に合わず、正常に LED が点灯しない

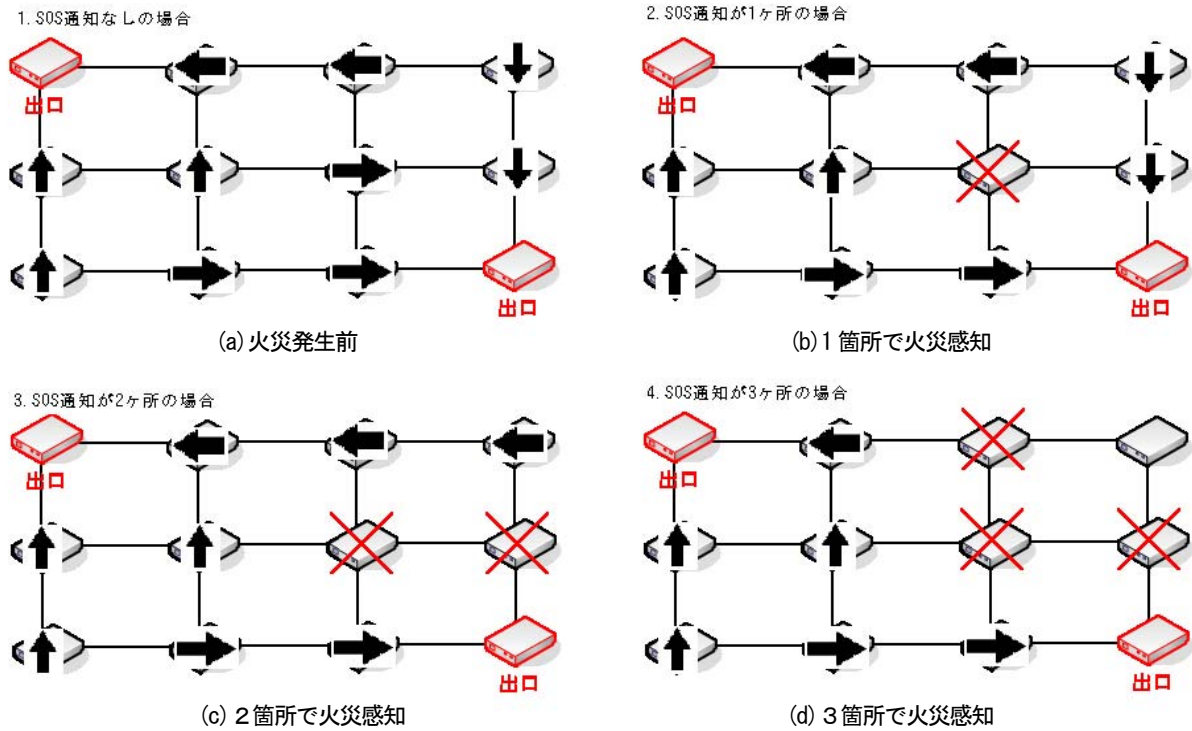


Fig. 7 実験Aの結果の一部～火災感知ユニットの増加による誘導方向の変化～

ユニットがあり、LEDの表示の切り替えが追いつかなかったことがわかった。このように正しい誘導情報が出されるか否かは、火災のパターンや延焼速度に対してユニット数や通信速度、アルゴリズムの処理能力に大きく左右されることがわかり、今後機器やアルゴリズムの改良が必要であることを示すものとなった。

最後に、Fig. 9のように出口で火災が発生して避難できない状態とした場合には、すべての矢印が消灯し、アルゴリズム通りの処理結果となった。

以上の実験結果から実験対象空間に分散配置されたユニットにおいて個々に実装した同じアルゴリズムによりそれぞれ実行され、センサー情報の取得とその処理から他のユニットとの情報のやりとり、出口までつながる避難経路を提示することができるなど、ユニットの自律分散的なふるまいとユニット間の協調により避難誘導提示が正しく行われたことが確認できた。

5. 消防活動支援端末機能の試作

5.1. 消防活動支援端末機能のイメージ

本システムの拡張機能として、Fig. 10のように建物内のセンサー情報を出口ユニットやセキュリティ付きのWebサーバから取得し、専用端末に表示するインターフェイスおよびプログラムを試作した。一般に火災時には消防が防災センターの報知盤により火元等を確認することができるが、今回開発した避難誘導システムは既存の集中

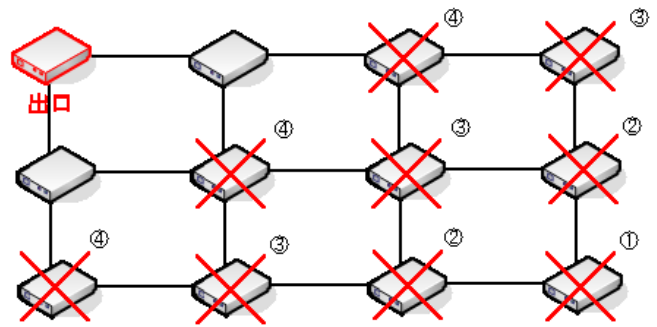


Fig. 8 経路探索より延焼速度が速い場合

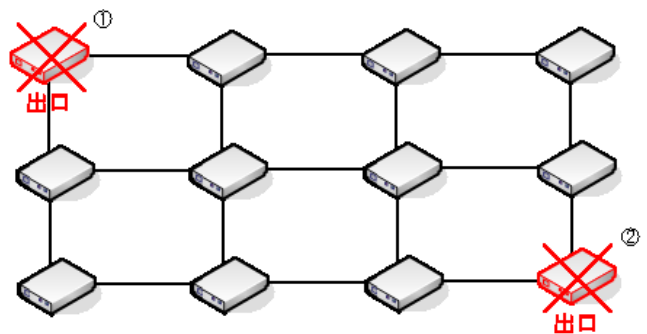


Fig. 9 避難できない条件での実験

管理システムでないため、消防隊へ情報提供するしくみが必要となった。対象空間内の情報を引き出すという観点からの消防活動支援に関する既存の研究では、カメラによる煙画像を解析して活動支援に用いる研究⁵⁾があるが、本研究では、避難誘導に用いているセンサー情報をそのままわかりやすく提示する方法を考えた。これは、火災現場がどのような状況になっているのかを把握するため、

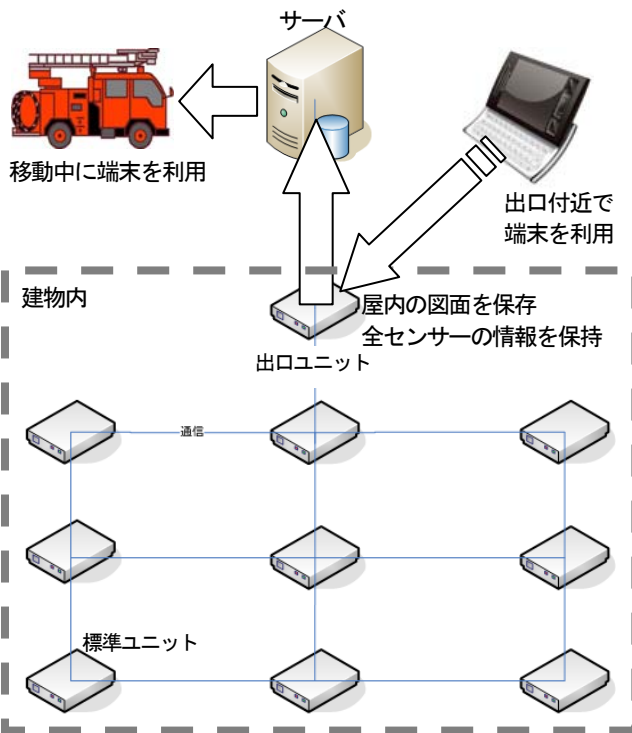


Fig. 10 消防活動支援システムのイメージ

消防隊等が現場へ到着し、無線 LAN 搭載の携帯端末から出口ユニットにアクセスしたり、または現場へ移動中にセキュリティを施したインターネットサーバを介してスマートフォン等でセンサー情報にアクセスすることができるものである。端末では、出口ユニット内に保存された対象構造物の平面図を読み込んで表示し、その図面上にユニットの持つ各種センサーが感知した状況を提示するようになっている。ここで、Fig. 10 のサーバは出口ユニットの情報をインターネットへ流すための中継となるサーバであり、センサーの過去の履歴を保存することもできるようになっている。データの蓄積は、MySQL データベースとスクリプト言語 PHP との連携により実現し、Web ブラウザでの表示、制御に対しては、Ajax を用いた。Ajax (Asynchronous JavaScript + XML) は、Web ブラウザに実装されている JavaScript の HTTP 通信機能を使って、Web ページのリロードを伴わずにサーバと XML 形式をはじめとするデータのやり取りを行なって処理を進めていく対話型 Web アプリケーションの実装形態である。これにより、センサー情報が変化し次第、画面表示を更新することができるようにした。

5.2. Web インターフェイスの作成

PC またはスマートフォン等の携帯端末より出口ユニットから専用サーバに取得したセンサー情報を表示する Web インターフェイスを Fig. 11 に示すように作成した。作成にあたっては、大阪市梅田地下阪急三番街にユニットが設置されていると仮定してホームページ⁶⁾で使用さ



Fig. 11 Web ブラウザで表示した画面

Table 4 センサーの検知濃度と表示アイコン色

Icon	煙センサー	COセンサー	温度センサー
緑	5%/m 未満	500ppm 未満	+10K 未満
黄	5%/m 以上	500ppm 以上	+10K 以上
橙	10%/m 以上	1000ppm 以上	+30K 以上
赤	15%/m 以上		

れているマップ画像を用いた。画像には地下街の平面図イメージとピン型のアイコンが表示される。このピンがユニット (センサー) の設置位置を示し、色の変化でセンサーの状況を表している。アイコンの色表示とユニットに設置されたセンサーの検知濃度の関係を Table 4 に示す。アイコンをクリックすると吹き出しが表示され、中にユニット番号や CO センサー、温度センサー、煙センサーから取得した値が表示される。この吹き出しには閉じるボタンが設けられており、クリックすることで吹き出しを閉じることができる。このように各座標のアイコンをクリックすることで吹き出しが切り替わり、選択したアイコンだけにフォーカスを当て、その場所の状況を知ることができる。設置されているすべてのユニットの情報を画面右側にリスト表示させることで他のユニットの状況を概観できる工夫を行った。

5.3. 消防活動支援端末の試作

次に、消防隊が現場に到着して直接出口ユニットにアクセスして端末に表示する機能を作成した。先に作成した Web アプリケーションを出口ユニットに移植し、サーバなしでも、出口にユニット付近に端末を持っていき無



Photo5 試作した消防活動支援端末インターフェイス

線 LAN 接続でセンサー情報がとれるようにした。さらに、この接続する端末を試作するため、タッチパネルディスプレイ搭載の通信装置 Armadillo-500 FX (Atmark Techno 社製) に Google 社によって開発された携帯電話用ソフトウェアのプラットフォームの Android をポータリングした。ここで、Android を用いた理由は、これを導入することで、OS, ミドルウェア, ユーザーインターフェイス, Web ブラウザ, 電話帳など携帯情報端末の標準的なアプリケーション・ソフトウェアが利用できるからである。この端末を利用することで、先に開発した出口ユニットから直接、蓄積された全ユニットのセンサー情報を取り出せるだけでなく、今後出口ユニットそのものをこの表示装置つき装置に置き換えることで、端末なしで内部の状況を把握することができると考えた。

Photo5 に試作したユニットの機能も実装した携帯端末を示す。表示画面は先の梅田地下阪急三番街の状況である。先にも述べたとおり、この端末はタッチパネルが使用できるので、屋外で画面を触るだけで、センサー情報を容易に表示することができることが確認できた。

以上、作成した端末を研究協力者の山口県防府市消防本部、山口市消防本部、宇部市消防本部の職員 3 名に実際に使用してもらい、意見をいただいた。以下に得られた意見を列挙する。

- ・温度センサーの感知レベルは、温度の変化より温度の時間的上昇率で判断した方がよい。
- ・Web 画面表示の時間間隔はどの程度が良いのかをさらに検討する必要がある。
- ・火事の広がり方により更新時間の間隔を変える。
- ・表示させるセンサー情報の履歴をつねに Web インターフェイスに表示させる。

6. まとめ

本稿は、サーバ等を設置しての大規模な避難誘導シス

テムが設置できないような小規模店舗や仮設の展示場等で使用できるよう、これら閉空間内においてユニットが自律分散協調的に避難誘導を行うアルゴリズムの開発を行い、市販の送受信装置に各種センサーとアルゴリズムの実装を行って、試作機を作成した。また、作成した 2 種類の試作機を実際の建物に設置して、それぞれ通信、避難方向の提示、誘導音や誘導光の作動等の動作が正常に行われるかを確認した。実験から確認できた結果を以下に列挙する。

- ・ユニット上およびユニット間での通信を行うアルゴリズムはエラーを起こすことなく Fig.2 のフローチャート通りの処理ができた。
- ・センサー情報の取得、光や音による誘導の提示もアルゴリズムに従って正常に動作できた。
- ・爆発のような火災の進展速度が速い場合など、アルゴリズム処理が間に合わない場合には出力としての光や音による誘導はできなかった。

さらに、これら誘導システムを消防活動に利用してもらうべく、消防活動支援端末インターフェイスの試作もあわせて行った。現段階のユニットは、縦横がそれぞれ 20 cm, 高さが 15 cm 程度の直方体の形状をしていて、決してコンパクトとはいえない。しかし、開発に用いた市販のボードを今後専用ボードに設計し直すことにより、より小さな形状になるものと考えられる。

最後に、今後の課題について以下に記す。

- ・煙蔓延時でも影響を受けずに避難方向を正確に伝える光誘導装置の検討
- ・消防隊活動支援のための火災現場情報の伝達とその端末装置の改良
- ・開発した避難誘導システムと現行の火災報知機との融和性の検討
- ・実用化ユニットの作成とその動作保証にかかわる検証実験の実施

参考文献

- 1) 例えば、松野 将(2006)「積極避難誘導システム」『照明学会誌』90(4), 222-225.
- 2) 例えば、掛井 秀一他(2007)「アダプティブな避難誘導システムに於ける情報提供方式」『日本建築学会学術講演梗概集』313-314.
- 3) 例えば、中島 悠(2006)「大規模マルチエージェントシミュレーションにおけるプロトコル記述と実行基盤」『電子情報通信学会論文誌 D』Vol. J89-D, No. 102229-2236.
- 4) 例えば、神成 淳司・吉田 茂樹(2004)「災害時における携帯端末を用いた効果的な避難誘導に関する考察」『人工知能学会全国大会論文集』Vol.18th, 2G2-04.

- 5) 野飼 雅弘・大谷 淳(2006)「センサーネットワークを利用する消火活動支援システムの検討：画像処理を用いた火災状況認識法の検討」『情報処理学会研究報告』187-192.
- 6) 梅田地下阪急三番街ホームページ
http://www.h-sanbangai.com/floor/b2f_s.html

謝辞

本研究遂行にあたり, 山口県宇部市消防本部 榎原英樹氏, 防府市消防本部 松野 太氏, 山口市消防本部 藤本充氏には, システム開発に際し, 火災・消防活動現場の観点から大変貴重なご意見を賜った. ここに深謝の意を表す. また, (株)フジタの山田 茂氏, 岸下崇裕氏には研究遂行にあたって多くのご助言をいただいた. この場をかりて感謝の意を表す.

最後に, 本研究は平成 19~21 年度「消防防災科学技術研究推進制度」(消防庁) の研究費により行った事を付記する.

DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED AUTONOMOUS COOPERATIVE EVACUATION GUIDANCE SYSTEM

Koichi TAKIMOTO¹, Fusanori MIURA², Takahiro MATSUMOTO³, Yuzuru SEKIHARA⁴,
Yoshinori KUMITA⁵ and Shingo YAMAMOTO⁶

¹Dr. Eng. (Disaster Prevention Engineering) Assoc. Professor, Yamaguchi University, Graduate School of Science and Engineering (E-mail: takimoto@yamaguchi-u.ac.jp)

²Dr. Eng. (Disaster Prevention Engineering) Professor, Yamaguchi University, Graduate School of Science and Engineering (E-mail: miura@yamaguchi-u.ac.jp)

³Dr. Eng. (Communication Engineering) Professor, Yamaguchi University, Graduate School of Science and Engineering (E-mail: matugen@yamaguchi-u.ac.jp)

⁴ Fujita Corp., Technology Center (E-mail: ysekihara@fujita.co.jp)

⁵ Fujita Corp., Technology Center (E-mail: kumita@fujita.co.jp)

⁶ Fujita Corp., Technology Center (E-mail: syamamoto@fujita.co.jp)

This paper presents outline of development of evacuation guidance system by using the technique of distributed autonomous cooperative system. The system which we developed consists of many devices; we called "Unit", which have smoke sensor, temperature sensor, CO sensor, microcomputers and data communications equipment by wireless LAN. We developed algorithms in order to communicate to each other units by using distributed autonomous cooperative system. After developing the system, we performed pilot experiments conducted on two kinds of actual buildings. As the result, the prototype system achieves successful performance as an evacuation guidance system.

Key Words: *Evacuation Guidance System, Autonomous Cooperative Evacuation, Sensor, Wireless LAN*