Vol.2009-DPS-141 No.2
Vol.2009-GN-73 No.2
Vol.2009-EIP-46 No.2
2009/11/26

自律的無線ネットワークを用いた被災情報提供システム
—被災地域の地形を考慮した無線ノード置局アルゴリズムの提案—

大瀧　龍[†1]　重安哲也[†2]
浦上美佐子[†3]　松野浩嗣[†1]

これまで，災害発生時の既設インフラ回復するまでの一時的な通信網として避難所間無線ネットワーク選択構築することで，安否情報や被災状況を自律的に収集・共有する被災情報提供システムの提案を行ってきた．同ネットワークで用いる避難所は耐震強度や収容可能人数で選択をすることを検討してきたが，ネットワークを構築する範囲や個々の地域特性の違いへの対応はこれまでに十分に検討されていなかった．本稿では，避難所間無線ネットワークを構築する範囲の決定方法と地域特性に柔軟に対応できるアルゴリズムの検討を行った結果について報告する．

A Computer System for Exchanging Disaster Information Inter Shelters
—An Algorithm for Wireless Node Placement with the Consideration of Phisycal Features of Disaster Damaged Area—

Ryo Ohtaki,[†1] Tetsuya Shigeyasu,[†2]
Misako Urakami[†3] and Hiroshi Matsuno[†1]

We have studied about the construction of wireless network system for exchanging safy information of evacuees and damage information of social infrastructures at disaster distressed area. In the system, shock-proof shelters having large cpasity for evacuees will be selected as wireless station. However, the system does not pay any consideration for geographical condition. Then this paper proposes a new network construction method which copes with a difference of geographical condition.

1. はじめに

近年，地震や津波をはじめとした大規模自然災害が世界各地で発生している[1)]．これらの大規模災害が一度発生すると，建築物の倒壊や地形変化に起因する公衆回線の切断や通信機器の故障，さらには，公衆通信網では遠隔地から発信された安否情報確認のためのアクセスが集中することによる輻輳の発生が予想されるため，常設の通信回線を用いたシステムでは被災状況を十分に把握できない危険性が高い．対して，災害時に用いる通信網を有するシステムの研究として無線メッシュネットワークを利用した山古志ねっとや[2)] やスカイメッシュ[3)] 等がある．無線メッシュネットワークは災害発生後に早期インフラ復旧システムとして有効な技術であり，災害時に有効なシステムとして利用が期待される．しかし，外部のネットワークとの接続方法，AP の設置などが考慮されていないなど様々な課題が挙げられる．

我々は，これまで，災害の影響を受けずに避難所間に無線ネットワークを構築し，安否情報を自律的に提供・共有する被災情報提供システムの提案を行ってきた [4-7]．我々が検討を進めているシステムは要救助エリアの特定や，避難所へ輸送する救助物資の量・種別を判断する際のシステムとして検討を進めている．そのためシステムの利用時期は，応急復旧期に分類されることから，最も迅速かつ適切な対応が求められることとなる[1)]．

したがって，これらの活動の支援を目的とする本提案システムでは，災害発生直後から迅速なネットワーク構築ならびに被災地域の広くをカバーできることが強く要求される．

さて，これまで提案してきたネットワーク構築アルゴリズムでは，耐震強度・収容可能人数に基づきネットワークに使用する避難所を単一の基準で決定する[8)]．このアルゴリズムでは，被災地域の地理的特性によってネットワークに使用する避難所が被災地域の中心部に集中したり，ネットワークから孤立する避難所が発生してしまう．そこで，本稿ではネットワークに使用する避難所を単一の基準で決定するのではなく，地理的条件を考慮した上で適応的に避難所を分類するアルゴリズムを提案する．また，被災地域の中で無線 LAN による自律的無線ネットワークを構築する範囲を決定手法についても検討したのでこれらについても併せて報告する．

2. 被災情報提供システム
2.1 既存システムの問題点

大規模災害発生後に安否情報を収集・提供することを目的とした安否情報提供システムの研究・実装はすでに行われている[9),10)]．しかし，これらは災害発生に伴う地形変化や電力供給路の切断の影響については考慮されていない．また，山古志ねっと[2)] やスカイメッシュ[3)] は災害発生後に臨時インフラ網を構築する．しかし，外部のネットワークと接続方法，AP を誰が設置するか，そして AP を設置するまでの空白の時間の発生など様々な課題が挙げられる．

本研究では，これまで，災害の影響を受けずに確実に被災者情報を交換できる，強固な被災者情報交換システムの提案を行ってきた．提案システムでは外部ネットワークの接続方法を考慮し，被災地域内だけではなく，外部へ情報発信することを検討している．以下では，提案システムとそれを満たす提案システムの特徴を述べる[4)]．

†1 山口大学大学院 理工学研究科　Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University
†2 広島国際大学 工学部　Faculty of Engineering, Hiroshima International University
†3 大島商船高等専門学校　Oshima National College of Maritime Technology

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-DPS-141 No.2
Vol.2009-GN-73 No.2
Vol.2009-EIP-46 No.2
2009/11/26

2.2 提案システムの特徴

提案システムは大きく分けて 3 つの特徴を持つ．

(イ) 災害発生後に無線 LAN を用いて避難所間無線ネットワークを構築する
(ロ) 避難所間で安否情報を自律的に提供・共有する
(ハ) 収集した安否情報を GIS(Geographic Information System) により視覚的にわかりやすく表示する

以下では以上の特徴について述べる．

2.2.1 避難所間無線ネットワークの構築

(イ) では，避難所に無線 LAN 基地局とアンテナを設置し，避難所間で無線ネットワークを構築する（図 1 ①）．具体的には，耐震強度の高い建物間で被災地域全体をカバーするバックボーン回線となる幹線ネットワーク（図 1（B））と幹線ネットワークを構成するそれぞれの基地局が周辺の中・小規模の避難所から構成する支線ネットワーク（図 1（A））を構成する．これにより常設の公衆回線と異なり，災害発生時の影響を極力少なくしたネットワークを構築できる．提案システムでは，被災救援活動に必要な情報の交換を行うことを第一の目的としているため，被災地区外からの安否情報照会などの通信トラフィックは直接流入しないよう設計する．これによって，遠隔地からの呼の集中に起因する輻輳も回避する．

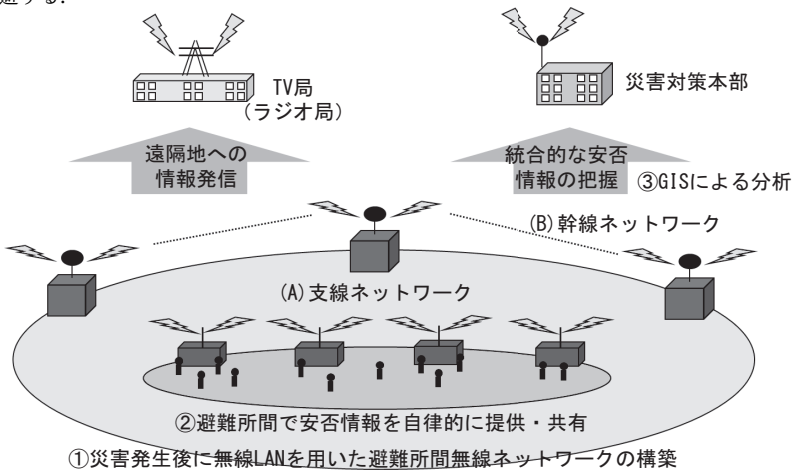

図 1 提案システムの構想図

2.2.2 安否情報の自律的な提供・共有

(ロ) では，各避難所で収集した情報をその他の避難所と自律的に交換・共有する小型マイコンを基地局に搭載する（図 1 ②）．支線基地局は最も近い幹線基地局と情報を提供・共有し，幹線基地局は隣接した幹線基地局と情報を提供・共有する．隣接した幹線基地局同士でデータを交換・共有することで各避難所は被災地域全体のデータを取得・共有する．このように，幹線基地局，支線基地局が全避難所の安否情報を保持することによって，被災地域の被災者は各避難内において地域全体の被災状況が把握できる．

2.2.3 GIS による安否情報の視覚的な表示

(ハ) では，災害対策本部を避難所間ネットワークに組み入れ，各避難所から提供された安否情報を統合することで GIS の画面上に分析された結果を表示する (図 1 ③)．この機能を災害対策本部で使用することで，リアルタイムに各避難所の状況が把握できる．これにより，各避難所への救助物資支給等の迅速な対応が可能になる．

2.3 2 階層で構成する避難所間無線ネットワーク

図 1 に示したように，我々の提案システムでは，ネットワークを幹線ネットワークと支線ネットワークの 2 種類で構成する．これら 2 つのネットワークは IP 層より上位のアプリケーションから見た場合の違いは一切なく，ユーザはその構成を意識せずにネットワークを利用する．

両ネットワークは強固なネットワークを提供するために以下のような特徴を持つ．

- 幹線ネットワーク
  被災地区全域をカバーすることを目的とする．災害発生以前に耐震性能が高い建築物に通信機材を設置する．幹線基地局間の無線リンクはトラフィックの集中に耐えうる高速リンクを構成するために，指向性を持つパッチアンテナ（表 1[11]）を設置する．
- 支線ネットワーク
  救援物資の配給や被災者のための食事・炊き出しの実施場所となりうる中規模以上の避難所における被災情報を収集することを目的とする．通信機材は災害発生後に運用を開始する．支線基地局は，基本的に 1 ホップで幹線基地局に接続することを想定しているが，通信範囲内に幹線基地局が存在しない場所は，他の支線基地局の中継を介して幹線基地局にマルチホップ接続する．支線ネットワークでは三段コリニアアンテナを（表 1）を設置する．

以上の特徴を持つ幹線/支線ネットワークの基地局決定アルゴリズムには，SNCP2[8]/LNCP[12] をそれぞれ利用する（以下 SNCP2，LNCP によって算出したネットワークを提案ネットワークと呼ぶ）．

表 1 パッチアンテナと三段コリニアアンテナの仕様

	パッチアンテナ	三段コリニアアンテナ
指向性	穏やか	無指向性
E 面半値角 (垂直方向)	約 60 度	約 23 度
H 面半値角 (水平方向)	約 65 度	無指向性
利得	6dBi	3dBi
周波数	2400〜2500MHz	2400〜2500MHz
インピーダンス帯域内 VSWR	1.5 以下	1.7 以下
質量	0.8kg	1.3kg
外形寸法	104 × 104mm	475mm
耐風速最大受風荷重	約 2.3kgf	約 2.3kgf
温度	-30〜60 ℃	-10〜50 ℃
湿度	20〜95 %	20〜95 %

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-DPS-141 No.2
Vol.2009-GN-73 No.2
Vol.2009-EIP-46 No.2
2009/11/26

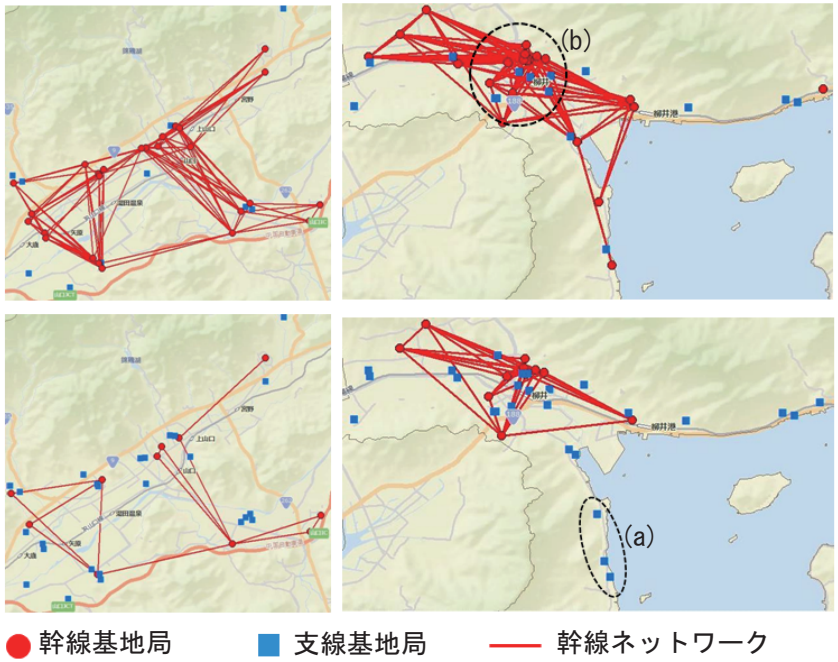

図 2 山口市 (左)/柳井市（右）地域における提案ネットワーク

3. 地域特性を考慮したアルゴリズム

3.1 従来のアルゴリズムの問題点

我々はこれまで，地域に点在する全ての避難所から耐震強度や収容可能人数を考慮して，幹線基地局・支線基地局に分類するアルゴリズム SNCP2，LNCP をそれぞれ提案してきた[8),12)]．SNCP2 や LNCP を用いた避難所の選択では，まず，耐震強度のある建物をネットワークに含む避難所と選択し，次に，ネットワークに含む避難所の中で収容可能人数の高い避難所を幹線基地局とし，それ以外の避難所を支線基地局とする．つまり，SNCP2，LNCP では耐震強度・収容可能人数の値から単一の基準で幹線基地局・支線基地局が決定される．

提案ネットワークを構築する際に，被災地域内の避難所が被災地域内に均等に存在している場合は幹線基地局となる避難所も各地域に均等に存在していることが多い．また，支線基地局は幹線基地局の通信可能な範囲，もしくは幹線基地局からマルチホップすることで通信可能な範囲に均等に存在しているので，従来のアルゴリズムを用いて避難所を分類した場合でも，孤立地域はほとんど発生しない．しかし，被災地域内の避難所が不均一に存在し，さらに，避難所が被災地域の中心部と中心部外では避難所の総数に差があるような地域では，幹線基地局を決定する閾値により，孤立してしまう避難所・地域が発生する．

図 2 の上図は幹線基地局の数が多く算出される閾値を設定した場合のネットワーク図で，左図が山口市，右図が柳井市の提案ネットワークである．一方，下図は幹線基地局の数が少なく算出される閾値を設定した場合のネットワーク図で，左図が山口市，右図が柳井市の提案ネットワークである（但し，全てのネットワーク図において支線ネットワークは表示していない）．山口市中心部の避難所は各地域に均等に存在しているので，幹線基地局を決定する閾値が高い場合と低い場合の提案ネットワークが網羅できる地域に大きな変化は見られない．これに対し，柳井市では中心部に避難所が密集し，中心部から離れるに従って避難所は少なくなるため，幹線基地局を決定する閾値が低い場合は高い場合と比べ，網羅できる地域が異なり，(a) のような孤立地域が発生する．また，中心部に避難所が密集しているため，幹線基地局を決定する閾値が高い場合は (b) のように幹線基地局の集中する地域が発生する．

そこで次節では，図 2 の (a)，(b) のような地域が発生しない地域特性を考慮したアルゴリズムの提案を行う．

3.2 地域特性を考慮したアルゴリズム

3.2.1 避難所の分類

地域特性を考慮したアルゴリズムでは，提案ネットワークを求める被災地域を支線基地局間の通信の最大伝送距離 (1km) を考慮して一辺 500m の正六角形に分割する．地域特性を考慮したアルゴリズムの詳細は以下に述べる．

(1) 各正六角形セル内の避難所数を求め，その値をセルの値とする
(2) 孤立セルの中で隣接セルがないセルは幹線基地局を選出すべき候補セルとする
(3) 手順 2 以外のセルに対し，それぞれの隣接セルに着目し，幹線基地局候補・支線基地局候補の決定を行う
(4) 以上の手順で求まった幹線基地局候補・支線基地局候補の中から幹線基地局・支線基地局を決定する

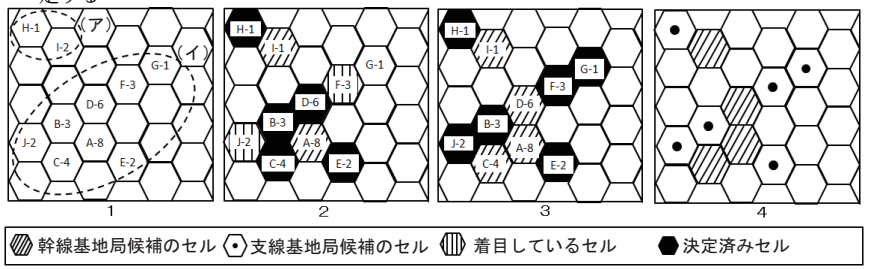

図 3 提案ネットワーク構築エリア生成アルゴリズムの流れ

手順 2 では，手順 1 で値を求めたセルのうち，周囲から孤立しているセルに着目する．隣接セルに避難所が存在しないにも関わらず，当該避難所を全て支線基地局とするとそのセル内の避難所はネットワークから孤立する．そのため，孤立しているセルかつ隣接セルがないセルは無条件に幹線基地局候補とする．

また，以下で用いる決定済みのセルとは，幹線基地局候補・支線基地局候補のどちらにも決定はしていないが，そのセルに中心点として考えることはないセルである．ここで，中心点とは幹線基地局候補，支線基地局候補の決定を行う際，初めに着目するセルのことである．この中心点の利用法について

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-DPS-141 No.2
Vol.2009-GN-73 No.2
Vol.2009-EIP-46 No.2
2009/11/26

は次章で説明する．手順 3，4 については図 3 を用いて詳しく説明する．図 3 のセル内の表記「A-8」はセル A には 8 つの避難所が存在することを示す．

図 3 の 1 は手順 2 の孤立しているセルかつ隣接セルがあるセルと中心部に繋がっているセルを表した図である．手順 3 では，これら全てのセルを幹線基地局候補・支線基地局候補のセルの二種類に分類する．

まず，図 3 の 1 の (ア) に着目する．(ア）は隣接しているセルがあるセル群であり，中心点をセル I とすると，セル I は幹線基地局候補となり，セル I の隣接セル H を決定済みのセルとする（図 3 の 2）．同様に図 3 の 1 の（イ）に着目する．中心点のセルを A とすると，セル A は幹線基地局候補となり，セル A の隣接セル B，C，D，E は決定済みセルとする（図 3 の 2）．

そして，隣接セルに隣接しているセル（セル J，F）に着目する（図 3 の 2）．セル J の隣接セルはセル B，C であり，着目セル J と隣接セル B，C の中で最もセルの値が大きいセル C を幹線基地局候補とし，セル B，J を決定済みセルとする．同様に，セル F の隣接セルは D，G であるが，セル D，F，G で最も値が大きいセル D を幹線基地局候補のセルとし，セル F，G を決定済みセルとする（図 3 の 3）．そして，全てのセルが幹線基地局候補あるいは決定済みのセルのいずれかとなったら，決定済みのセルを支線基地局候補のセルとする．このようにして，幹線基地局・支線基地局候補のセルを決定する．

そして，幹線基地局候補のセルはセル内から幹線基地局を一つ選択し（他の幹線基地局候補のセルと見通しの利く避難所であることが必要条件），セル内のそれ以外の避難所は支線基地局とする．支線基地局候補のセルはセル内の全ての避難所を支線基地局とする．

3.2.2 中心点の求め方

本節では中心点の決定法の定義を行う．中心となり得るセルはセルに分割した被災地域の中で最も避難所数が多い避難所である．しかし，セルの値だけで中心点を決めることは妥当ではない．なぜなら，あるセル内に避難所数が集中しセルの値が大きくなったとしても，隣接セルの値が小さい場合や 0 の場合があるからである．そこで，中心点は着目しているセルの値と隣接セルの値に着目して中心点を決定する．

任意のセル x の重みは，セル x の値とセル x の隣接セルの値を付加したものとする．他の全ての任意のセルを求め，その中で最も大きい重みを中心点とする．但し，同じ重みが発生した場合は，そのセル自身の値が大きいセルを中心点とする．また，セルの重いみが同じでありかつそのセルの値も同じ場合はどちらも中心点とする．

図 4 のセル内の表記「23-8」は重みが 23，セルの値が 8 ということを示している．図 4 の左図において，全てのセルの重みを計算すると同図の右図のようになったが，セル A と B，セル H と I が同じ値となった．しかし，自分自身のセルの値が大きいセル A とセル I を中心点とする．

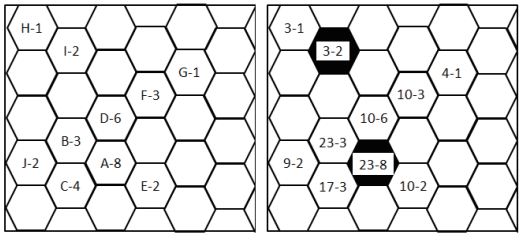

図 4 中心点決定法

3.3 山口県柳井市中心部地域における地域特性を考慮した避難所

柳井市中心部における避難所を提案アルゴリズムを用いて分類した結果を図 5 示す．

図 2 の柳井市中心部ネットワークにおいて，孤立する避難所があった．図 5 では，柳井市の中心にある A 地域や中心部から離れ避難所の数が減少した B 地域の両地域がネットワークに含まれていること確認できる．

このように，提案アルゴリズムを用いて避難所を分類すると，地域の地理的条件や避難所の位置などの地域特性に応じた避難所の選択ができる．

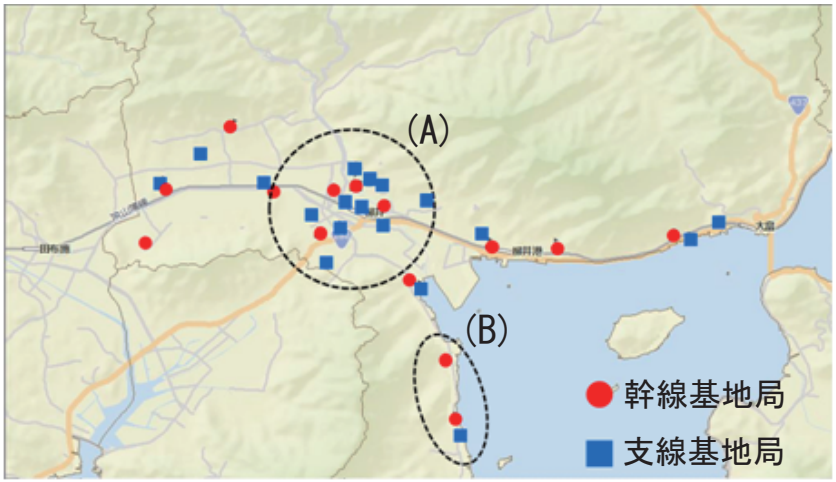

図 5 山口県柳井市中心部における避難所の分類

4. 提案ネットワークを構築する範囲

本章では，提案ネットワークによりカバーできるエリアについて検討する．

提案ネットワークを構築する範囲の決定を行う際に基準となる値として，市町村単位の人口密度，携帯電話通信網の初期エリア，各地域おける標高などが考えられる．そこで本稿では，各地域における標高に着目し，幹線基地局から可視できる地域を提案ネットワーク構築エリアとする手法を提案する．

4.1 無線 LAN を用いた通信が可能な地域

提案ネットワークでは，通信の妨げとなる建物や木などによる障害物を避けて避難所間ネットワークを構築する．また，高品質な通信回線を確保するために避難所間の標高差が 10m 未満の避難所間で通信を行う．そのため，山岳地帯や高低差が激しい地域では障害物や通信品質の低下により無線 LAN を用いた通信を行う地域には適していない．

そこで，無線 LAN を用いた通信が快適に行える地域を本提案システムを構築する地域とし，その地域内で提案ネットワークを構築する．

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-DPS-141 No.2
Vol.2009-GN-73 No.2
Vol.2009-EIP-46 No.2
2009/11/26

4.2 提案ネットワーク構築エリア生成アルゴリズム

任意の地点からの見通し地域を表示できるカシミール 3D[13] を用いた提案ネットワークの構築方法を述べる．以下は，ネットワーク構築エリアを決定するアルゴリズムである．

(1) 災害対策本部となり得る建物から指向性アンテナの最大伝送距離範囲内で可視できる地域を提案ネットワーク構築エリアとする
(2) 決定した提案ネットワーク構築エリア内にある幹線基地局から手順 1 と同様に提案ネットワーク構築エリアの決定を行い，算出した提案ネットワーク構築エリアを手順 1 の提案ネットワーク構築エリアに追加する
(3) 手順 2 を繰り返し、提案ネットワーク構築エリアを広げていく

手順 1 では，災害対策本部となり得る建物（消防署や市役所など）から指向性アンテナの最大伝送距離（以下 LAN_{MAX} と略す）範囲内で提案ネットワーク構築エリア（以下 NW_{Area} と略す）を決定する．本提案システムの幹線ネットワークではパッチアンテナを使用することを想定しているので，パッチアンテナ間の通信時の最大伝送距離（4km）を LAN_{MAX} とし，災害対策本部から LAN_{MAX} 範囲内で可視できる地域を NW_{Area} とする．

手順 2 では，手順 1 で決定した NW_{Area} 内にある全ての幹線基地局から LAN_{MAX} 範囲内の地域で各幹線基地局から可視できる地域を NW_{Area} とし，手順 1 で算出した NW_{Area} に追加する．

手順 3 では，手順 2 を繰り返し，NW_{Area} の範囲を広げていく．

また，停止条件は，全ての幹線基地局が NW_{Area} に含み，全ての幹線基地局の NW_{Area} を災害対策本部から見た NW_{Area} に追加している場合、もしくは，孤立する幹線基地局が発生しているが，他の任意の幹線基地局を中心とした NW_{Area} に含まれない場合である．

図 6 は，提案ネットワーク構築エリア生成アルゴリズムの流れを表した図である．A は災害対策本部から LNAMax 範囲内を示し，B は A の範囲を NW_{Area} に決定し，その NW_{Area} 内にある幹線基地局から LAN_{MAX} 範囲内を示している．C は B 同様に NW_{Area} の決定を行い，D は全ての NW_{Area} 内にある幹線基地局の NW_{Area} を算出し，災害対策本部の NW_{Area} に追加したものである．図中において A および B は手順 1 に対応し，B および C は手順 2 に対応し，D は手順 3 に対応する．

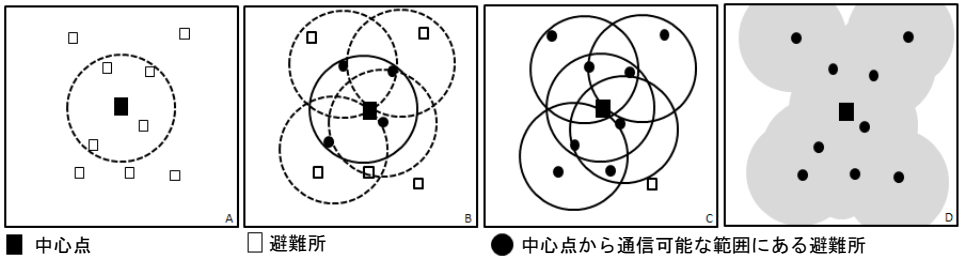

図 6 提案ネットワーク構築エリア生成アルゴリズムの流れ

4.3 山口県柳井市中心部における提案ネットワーク構築エリア

柳井市中心部における災害対策本部を柳井市役所と仮定し，同市役所を中心とした NW_{Area} を算出した結果を図 7 に示す．

柳井市中部地域における避難所は 87 箇所あり，そのうち柳井市役所を中心とした NW_{Area} に含まれている避難所は 57 箇所あり，65 %の避難所が提案ネットワークでカバーできることがわかった。しかしながら，柳井市役所を中心とする NW_{Area} に含まれていない避難所は主に山間部が多いことがわかる．山間部は各避難所の標高が都市部の避難所の標高よりも高く，また，周りの山が通信の妨げとなると考えられる．さらに，図 7 の幹線基地局⑨も柳井市役所を中心とした NW_{Area} に含まれていないことが確認できる．

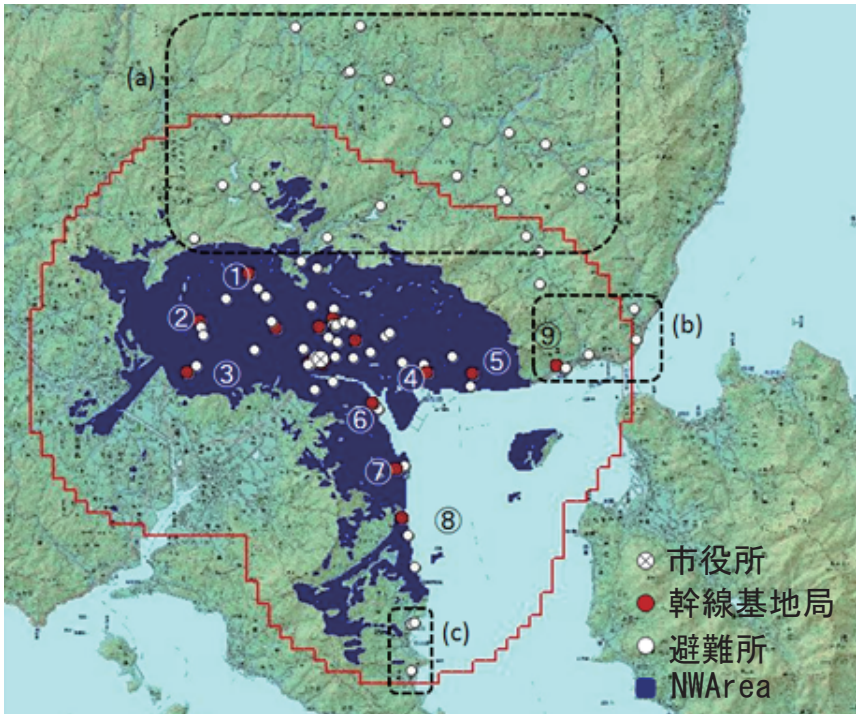

図 7 柳井市中心部における NW_{Area}

© 2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-DPS-141 No.2
Vol.2009-GN-73 No.2
Vol.2009-EIP-46 No.2
2009/11/26

5. 孤立する幹線基地局や孤立地域の通信方法

図 7 の (a)，(b)，(c) における地域は障害物があるため，無線 LAN を用いた通信は行えず，提案ネットワークを構築することは不可能である．そこで，山間部のような地域では，提案ネットワークの代替案として，IP 衛星通信あるいはスカイメッシュ等を使用した山間部へのネットワーク範囲の拡大も検討中である．また，図 7 の (b) の地域は幹線基地局が含まれているにもかわらず幹線基地局⑤，⑨間にある山による障害物のため，⑨は孤立しており，柳井市中心部とは直接接続できないがこれらも他通信システムとの組み合わせで改善する予定である．

6. おわりに

本稿では，災害発生後の災害対策活動を効果的に支援するために検討を進めている被災情報提供システムの通信回線として構築する自律的無線ネットワークの構築手法について議論を行った．

提案アルゴリズムを用いた幹線基地局/支線基地局の決定では，従来のアルゴリズムでは解消できなかった幹線基地局の過密・孤立地域の発生を軽減できた．また，自律的無線ネットワーク構築する地域の自律決定アルゴリズムにより，地域間ネットワークを把握することが可能となった．

さて，今回は提案アルゴリズムを用いて避難所の分類を行った地域が一箇所に留まったことから今後は地域を増やし，提案ネットワークの有用性や問題点を考察する予定である．

謝辞

本研究の一部は，総務省消防庁消防防災科学技術研究推進制度の援助を受けている．

参 考 文 献

1) 平成 21 年度版 防災白書 内閣府編
2) 山古志ねっと共同実験プロジェクト, 電子情報通信学会総会,2007.
3) 間瀬憲一,“大規模災害時の通信確保を支援するアドホックネットワーク,”電子情報通信学会誌,Vol89,No.9,pp.796-800.
4) 亀川誠，河本麻衣，重安哲也，浦上美佐子，松野浩嗣，“自律的無線ネットワークによる被災情報提供システム〜システムの構築と市街地におけるフィールド実験〜,” マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集，pp.547-550，2004.
5) 河本麻衣，亀川誠，重安哲也，浦上美佐子，松野浩嗣，“自律的無線ネットワークによる被災情報提供システム〜情報の共有化と GIS によるリアルタイム表示〜,” マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2004) シンポジウム論文集，pp.551-554，2004.
6) 武田理恵子,“被災者情報データフォーマットと小型マイコン間伝送プログラムの作成,” 山口大学理学部, 平成 19 年度卒業論文,2008.
7) 坂本佳那恵, 浦上美佐子, 重安哲也, 松野浩嗣,“自律的無線ネットワークによる被災情報提供システム〜避難所間ネットワーク構築アルゴリズムとフィールド実験〜,”マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 pp.237-242,2007.
8) 大瀧龍，重安哲也，浦上美佐子，松野浩嗣, “ 避難所の耐震強度と収容可能人数に基づく通信経路構築手法の提案，”マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 pp25-30,2008.
9) WIDE Project，“IAA Alliance,” *http://www.iaa-alliance.net*
10) “ 岐阜県防災モバイルネットワークシステム，” *http://www.pref.gifu.lg.jp/pref/s11117/portal/06system.htm*
11) “ Alied Telesis,” *http://www.allied-telesis.co.jp/*
12) 大瀧龍，重安哲也，浦上美佐子，松野浩嗣, “ 被災情報提供システムにおける 2 階層ネットワークモデルの通信・機器設置コスト減少の効果，”マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 pp177-182,2009.
13) カシミール 3D, *http://www.kashmir3d.com/*

© 2009 Information Processing Society of Japan