

孤立集落間の共助支援を目的とした災害情報システムの提案

Implementation of the Disaster Information System for Mutual Supports in Isolated Villages

福井悠† 山田俊輔† 丸山博史† 池端優二‡ 塚田晃司‡*
Y. Fukui S. Yamada H. Maruyama Y. Ikebata K. Tsukada

1. はじめに

日本の国土面積の約 7 割は中山間地域と呼ばれている。ここにある集落は、条件不利地域に存在することが多く、交通インフラや情報インフラなどのライフラインの冗長化が困難となっている。このため、地震や集中豪雨、雪害などの自然災害により、ライフラインが寸断されると、外部から孤立してしまう可能性が高い。その数は、国内で 1 万 9 千集落を超える集落が災害時孤立集落になる可能性が指摘されている[1]。

災害が発生した場合、一般的には自助、共助、公助により救援・復旧を図る。しかし、孤立集落では、外部からの救援（公助）が期待できなくなることにより、集落内で助け合う（共助）期間が長期化することが考えられる。本学のある和歌山県でも、孤立する可能性が指摘されている地域も多く、特に紀伊半島のような地形だと、公助までの期間がさらに長くなるおそれがある。

一方で、中山間地域の集落では、ライフラインの冗長化が困難なことに加え、備蓄物資や非常時用の通信機器、発電機器、設備を保有していることが少ない。また、医薬品や医療従事者も限られた場所にしか存在しない場合がある。そのため、孤立が長期化した場合は、公助が開始されるまでの間、単一の集落による共助の継続が難しくなる。

ここで、中山間地域の集落は、都市部に比べて、住民間の交流が盛んであり、自主防災組織を設置していることが多い。さらに、住民自身が農作物を栽培していることや、農耕用の発電機や燃料を所持しているといった、備蓄物資として認識されないリソースが存在する。そのため、単一の集落だけでの共助は困難であっても、複数の集落同士が連携することで、集落間の共助を行うことができる。

ただし、集落間の連携を行うには、各集落の情報を共有することが必要である。孤立時の対応を考える上で、二次災害防止の観点から、事前に他の集落と情報を共有しておくことが必須である。しかし、現状では、自治体から集落へ情報を配信する防災行政無線や総合防災情報システムなどの行政が情報を共有するシステムが提案されているが、集落同士で情報を共有できるものは存在しない。そのため、他の集落に配分できる物資や使用できる設備があったとし

ても、その情報が共有できなければ連携して使用することができない。

これらの現状より、本研究では、これまで実現できていなかった孤立集落間の共助を支援するために、自然災害により孤立した場合でも、集落間で情報共有が行える災害情報システムを提案する。

2. 既存研究・システム

現在、数々の被災により、防災意識が高まり様々なシステムや研究が提案されている。既存のシステムとして、総合防災情報システム[2]や e-Bosai[3]などが挙げられる。総合防災情報システム[2]では、あらゆる自然災害に対し、被害拡大を防ぐことを目的とし、市町村をはじめとした行政機関が連携をとれるシステムを実現している。また e-Bosai[3]では、市町村が設置している防災システムの情報を、住民へ効果的に提供するためのシステムを提供している。これらのシステムの最大の目的は、行政機関が災害に対し、迅速かつ適切に対応することにある。そのため、通信インフラにインターネットを活用し、情報を一括して管理し、被害を最小限するための機能が備わっている。しかし、インフラが停止した場合や、集中管理を行っている機器が被災するとシステムを使用することができなくなる。これらのシステムは、あくまで行政機関が使用する主体であるので、中山間地域の集落への適用には適していない。

そこで、中山間地域の集落に着目したシステムとして、中山間地域における災害時情報共有システム[4]が提案されている。中山間地域の集落が孤立した際、既存システムでは実現できていなかった行政機関と集落での双方向コミュニケーションに加え、住民同士でのコミュニケーションを可能にした。この研究では、アドホックネットワークを構築し、P2P モデルを採用することにより、災害に強いシステムの構築を目指している。しかし、このシステムでは住民同士、住民と行政機関との情報共有については言及されていない。

3. 孤立集落の連携

孤立した集落が連携するには、情報の共有が必要となる。既存のシステムで入手できる情報は、行政機関が提供する広域的な情報であり、集落同士で連携をするための情報を配信しているわけではない。そのため、本研究で提案するシステムでは、共助を行うための情報を孤立集落間で共有する。共有された情報は、模造紙などに書き出すことで、集落内で共有することで、近隣の集落の状況も考慮した今後の対応を検討することができる。

本研究の提案するシステムにより、各孤立集落は、物資や人員が不足していることを、他の集落に発信することが

†和歌山大学 大学院 システム工学研究科

Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

‡和歌山大学 システム工学部

Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

*和歌山大学 防災研究教育センター

Center for Research and Education of Disaster

でき、他の集落においては、救援を必要としている集落に対し、能動的なアプローチが可能となる。これより、中山間地域における孤立集落間の共助を支援することができる。

4. 提案システム

本研究では、集落間の共助を情報共有により支援することを目的に、孤立集落向けの情報共有システムを提案する。孤立した地域において、存在する集落同士が情報を共有できるシステムの構築を目指す。

システムを構築するにあたり、本研究が想定する環境について下記に示す。

- **市町村の中心部から孤立**

集落が自然災害により、がけ崩れや土砂災害が起こり、中心部からの道が寸断されてしまったと想定する。このため、公的機関による大規模な援助を開始することができなくなり、孤立化が長期化することが予想される。

- **インフラの停止**

電力、水道、ガス、電話網が停止すると想定する。電力が停止した場合、防災行政無線であれば、一日程度、携帯電話の基地局であれば、三時間程度しかバッテリーが駆動せず、その期間が過ぎてしまうと使用不可能となる。そのため、行政機関をはじめとする外部との通信インフラも寸断されたものとする。

- **自家発電・発電機器は使用可能**

備蓄物資の一つとして、発電機があると想定する。また、中山間地域の集落では、農耕用に発電機器を保有している場合がある。さらに、用水路などに設置した水車による発電のようなマイクログリッドや、草刈り機を用いた発電[5]なども提案されており、これによる電力の使用が可能であると想定する。

提案するシステムは、中山間地域の集落が所属する市町村の中心部から孤立した場合を想定している。前述したように孤立時では、既存の通信網が寸断されることが予想されるため、これに依存しない通信方法が必要である。また、システムを設置、維持するのは住民であるため、大きなコストをかけることができない。加えて、システムを高機能化してしまうと、システム使用には複雑な操作が求められ、高度な情報リテラシー必要となるが、高齢化の進む中山間地域の集落にこれを求めることは困難である。さらに、システムで取り扱う情報は、集落の備蓄物資や設備などハードな情報や、被災状況や安否情報などのソフトな情報、イレギュラーに発生する情報など多種多様となり、これを一様に管理、共有することはできない。

以上より、システムの機能要件として、

- (1) 災害に強い双方向通信が可能
 - (2) 中山間地域の集落による、設置、運用が容易
 - (3) 情報の特性に考慮した管理、共有が行える
- を挙げ、この三点を行えるシステムを構築する。提案システムは、中山間地域の集落で、住民が発災時に、避難するような施設に専用の PC と長距離無線 LAN 用のアンテナを設置、集落間で無線メッシュネットワークを構築する。設置した PC に備蓄物資や、被災状況などを登録し、無線で通信することにより、これらの情報を共有する。システム図を図 1 に示す。

各集落に専用PC・長距離無線LAN用アンテナを設置
・集落における避難施設に設置

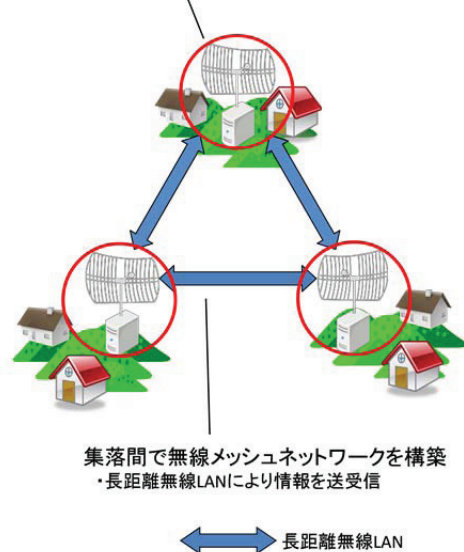


図 1: システム図

(1) 災害に強い双方向通信

情報の共有には、長距離無線 LAN を使用し、集落間でアドホックネットワークを構築する。有線での通信インフラの確保は、災害時では脆弱性が高い。そのため、物理的に寸断されることの少ない無線通信を用いる。

情報は、通信可能な集落間で双方向に送受信を行う。情報を特定の集落で一元管理すると、その集落との通信が途絶えてしまうと、サービスが停止してしまう。そのため、特定の集落で情報を集中管理しない P2P モデルを採用する。情報を分散して管理することで、一ヶ所が停止したとしても、システム全体の停止を避けることができる。

電源には、集落内にある発電機器を利用する。中山間地域の集落では、農業を生業としていることが多く、簡易的な発電機を所持していることが期待できる。さらに、小規模な水力発電や簡便な発電機材があれば、それを使用する。

(2) システムの設置、運用

システムの設置、運用のコストは集落への負担をできるだけ軽くする必要がある。大規模かつ高性能なシステムを導入するには、大きなコストを伴う。さらに、それを運用するとなると、専門的な知識も必要となってくるため、中山間地域に設置するには適していない。

そのため、低コストに設置でき、運用に専門的な知識や経験を求めないシステムの構築が必要となる。そこで、設置コストを下げるために、使用する機器は一般的に普及している PC を用い、低スペックなものであっても動作するように多機能なサービスは構築しない。また、一般的な情報リテラシー (PC の電源の入れ方やマウスの使用方法、インターネットの使い方など) さえあれば、使用できるように入力する情報や方法を限定する。システムの利用には、平常時と災害時の段階があり、それぞれの段階で使用方法が異なる。それぞれの使用方法を以下に示す。

● 平常時

平常時に、集落で備蓄している物資や、設置してある設備の状況など、把握できている情報を PC に登録しておく。これにより、備蓄物資や設備の管理に利用することができる。しかし、平常時においては、備蓄物資の量や設備の状況が変わることは少ないものの、年に一回程度、状況を再確認し、登録内容の見直しは必要である。

また、定期的に PC 内の情報を通信し、共有しておく。

● 災害時

災害時には、平常時から共有している情報を表示する。避難所に集まった住民は、共有された情報を見て今後の対策を検討することができる。本研究の提案するシステムでの情報共有には、大きく分けて、三つの機能がある。

- 情報の登録
- 情報の閲覧
- 情報の共有

この三つについて詳しく記述する。概略図を図 2 に示す。

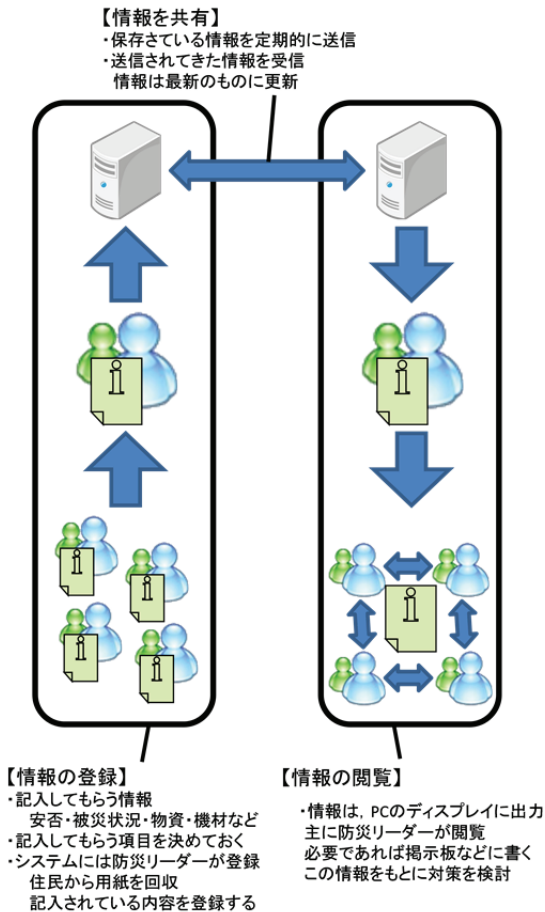


図 2：概略図

● 情報の登録

提案システムには、平常時に登録しておく情報に加え、避難してきた住民から収集された情報も共有する。

住民から収集した情報とは、被災情報や住民自身が所持している物資や機器などである。詳しい情報の項目については後述する。避難所には、複数人が避難してくることが予想され、そこから齎される情報は貴重である。しかし、設置された一台の PC に対し、情報を登録しようとする

順番待ちをしなければならなくなる。また、中山間地域における集落の住民の多くは高齢者であり、その全員にシステムの使用方法を周知しておくことは困難である。結果、システムが稼働していたとしても情報を登録してもらえないという場合が出てくる。

これを避けるため、住民からの情報の収集は紙を媒体として行う。専用の用紙を用意し、そこに物資の数量や所有している機材、確認した被災状況などを記入してもらい、自主防災組織の防災リーダーや区長など事前に決めておいた人員（システム操作者）が用紙を回収、PC への登録も行う。システム操作者は、平常時に PC への登録方法を訓練しておく。これにより、住民への PC 操作に対する負担を減らし、システムを継続して使用できるようにする。

● 情報の閲覧

情報は、設置した PC のディスプレイに表示させ、主にシステム操作者が閲覧する。閲覧できる情報は、定期的な通信により PC に保持されている情報を閲覧することができる。今回のシステムでは、複雑な操作を強いることを避けるため、単純なテキストや数量を表示するだけのものとする。

PC 内の情報において、住民に周知する必要がある情報については、紙に書き出し、掲示したり回覧したりできるようにする。この情報を、今後の対策の検討に活用してもらう。

● 情報の共有

情報の共有は、無線通信により PC に登録してある情報を他の集落へ送信し、他の集落の情報を受信する。無線通信は、一定間隔で定期的に行われる（図 3 参照）。

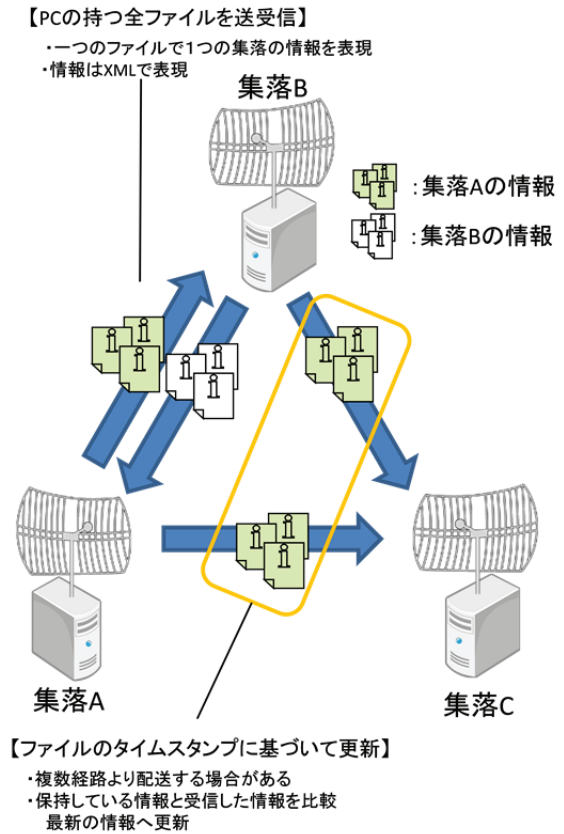


図 3：集落間でのファイルの送受信

提案システムは、刻一刻と変わる状況に対応するためのものではなく、集落間での中期的な連携を支援することを目的としている。また、集落で使用できる電力に大きな余裕もないことから、リアルタイムな通信ではなく、定期的に通信することを選択した。共有される情報は、物資情報や被災状況などの情報であり、提案システムでは、これらの情報を、一つの集落につき、一つのファイルで記述し、管理、共有を行う。やり取りする情報は、多種多様であることや、場合によってはイレギュラーな情報が発生するため、情報の表現方法には、高い柔軟性が求められる。

これより、提案システム内で共有される情報の形式として、XMLを用いて記述する。XMLとは、データを構造的に記述することができるマークアップ言語である。XMLは、データの構造を柔軟に記述することができ、多種多様な情報を扱う必要のある提案システムに適している。集落に設置してあるPCから入力された情報は、XMLの形式で記述し管理する。

平常時には、提案システムがカバーしている地域の集落の情報をすべて保存しておく。このとき、この地域に存在する集落に設置してあるPCには、同じ情報を保持していることになる。

孤立後、一定間隔で通信を行い、各集落で更新されたXMLファイルの送受信を行う。送受信するファイルは、保持しているXMLファイルのすべてが対象になる。

無線通信によりPCが保持しているXMLファイルをすべて、通信可能な集落へ送信する。受信側は、送信されてきたXMLファイルに記載されているタイムスタンプをもとにすでに保持しているファイルを最新のものに更新する。これにより、一定期間ごとに情報を更新することができる。

(3) 情報の特性に考慮した管理、共有

前述したように、孤立時に必要な情報は多種多様であり、イレギュラーな情報も含まれるため、全てを一様に管理することはできない。そのため、扱う情報の特性に合わせた管理・共有方法を検討する必要がある。

災害情報をXMLで記述する方法の取り組みとして、災害対応情報の共有化を考慮したXMLスキーマの設計[6]がある。この研究では、複数の行政機関に設置された個別のシステム間で横断的に情報共有するために、XMLを使用し、基本スキーマと応用スキーマで情報を表現することで、自然災害に対し、柔軟に対応できるように設計されている。複数のシステム間で情報をやりとりするには、情報の記述方法には高い柔軟性が求められる。そのため、ここでは、情報の記述にXMLと情報を項目によって区別することでそれを達成している。

本研究でも、扱う情報項目の特性を考慮し、管理・共有を行う。本研究では、提案システムで扱う情報項目はリソースの情報と事象の情報の二つに大別できることに着目し、情報の記述を行った。リソースの情報と事象の特性と管理・共有方法を以下に示す。

● リソースの情報

リソースの情報とは、集落に備蓄してある食料や燃料などの物資、重機や発電機器、ヘリポートなどの機材や設備の情報、医療従事者や建設作業員などの専門知識を持った人員などの情報である。リソースの情報項目の例を表1に示す。これらの情報の特性として、集落ごとに項目が異なることと、集落ごとでしか変化しないということが挙げら

れる。備蓄物資の使用や、他の集落やヘリコプターから提供されることにより数量が変更されることや、医療従事者など人員の稼働状況や機器の使用状況が変化することが考えられる。これらの情報は、各々の集落で独立して変化するため、他の集落がその情報を持っていたとしても、手を加えてしまえると信頼性を損なうことになる。

表1：リソースの情報項目の例

リソース情報	
食	飲料水
	コメ
	野菜
	肉
	調味料
	乳製品
	など
住	利用可能施設
	利用率
	寝具
	テント
	防水シート
	トイレ(組み立て・簡易)
	浄水設備
医	医療スタッフ
	医薬品
	医療設備(数・状況)
電	発電機
	通信機器・設備
その他	燃料
	ヘリポート・物資投下ポイント
	建設機械(ショベルカーなど)

そこで、リソースの情報は、集落固有の“ローカルな情報”であると捉え、情報が記述されたXMLファイルの編集を発信元の集落のみに限定し、他の集落では閲覧のみが可能として、情報を管理する権限を区別しておく。XMLファイルは、集落ごとに一つずつ用意し、それぞれ独立して管理される。登録する項目は、あらかじめ設定しておき、その項目に対して、物資名や数量、場所などを入力する。記述例を図4に示す。

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<doc>
  <meta>
    <attribute>local</attribute>
    <from>集落 A</from>
    <time>2011/09/22 10:00</time>
  </meta>
  <data>
    <item>米</item>
      <number>100 合</number>
      <place>集落 A 公民館</place>
    <item>燃料</item>
      <number>100L</number>
      <place>集落 A ガソリンスタンド</place>
    </data>
</doc>

```

【メタデータ】
 ・情報を定期的に送信
 送信された情報を受信
 ・タイムスタンプを参照
 最新のものへ更新

図4：リソースの情報の記述例

XMLファイルには、リソースの情報の他に、ファイルを管理するためのメタデータに記述しておく。ここに、リソース/事象の情報のいずれであるかを記述する。リソースの情報の場合、それに加えて、ファイルの権限を制限す

するために発信元集落を記述し、最新のファイルであるかを判断するためにタイムスタンプを記述する。

● 事象の情報

事象の情報とは、がけ崩れや道路の寸断、堤防の決壊などの被災状況や、安否情報などの情報である。事象の情報項目の例を表2に示す。

表2：事象の情報項目の例

事象の情報	
安否情報	氏名
	連絡先
	住所
	備考
被災状況	被災内容
	場所
外部との交流状況	

これらの情報の特徴は、どこの集落でも起こりうる現象であるということが挙げられる。がけ崩れや道路の寸断は、システム適用地域の全てで、起こる可能性がある。そのため、リソースの情報のように、“ローカルな情報”として扱うことはできない。そこで、事象の情報は“パブリックな情報”と捉え、すべての集落で一つのXMLファイルの更新を行う。ただし、すべての集落でXMLファイルの編集を行えるようにしておくこと、情報の整合性がとれなくなる場合がある。そのために、記述した内容を削除することができないように制限を設けることと、項目ごとにタイムスタンプを設けることでこれに対応する。記述例を図5に示す。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<doc>
  <meta>
    <attribute>public</attribute>
  </meta>
  <data>
    【項目ごとにタイムスタンプを記述】
    ・タイムスタンプが最新の項目を表示
      過去の状態も参照可能
    <event>土砂崩れ</event>
    <place>××バス停付近</place>
    <condition>国道(△線)封鎖中</condition>
    <time>2011/09/22 9:30</time>
    <comment>復旧開始</comment>
    <time>2011/09/22 12:00</time>
    <comment>復旧完了</comment>
    <event>堤防の決壊</event>
    <place>□□橋</place>
    <condition>□□橋通行不可</condition>
    <time>2011/09/22 8:45</time>
    <comment>△△付近まで浸水</comment>
    <time>2011/09/22 13:45</time>
    <comment>○○付近まで浸水</comment>
  </data>
  【抽象的な表現を許可】
  ・地域固有の名称でも記述可能
</doc>
```

図5：事象の情報の記述例

情報の整合性がとれなくなることの大きな原因は、情報の欠落である。複数箇所情報を編集し合うと、削除した項目を参照したり、変更するといった問題が起こる。この

問題に対して、“パブリックな情報”に関しては、削除する機能を設置しない。その代替として、「がけ崩れ→(解消)」や「道路の寸断→(継続中)」など、柔軟な記述を可能にする。さらに、中山間地域の集落では、住民同士のみで通じる地名や場所の名前があり、これらのほうがより詳しく伝わる場合がある。そのため、記述する情報は、抽象的な表現であっても許可する。記述された内容は、項目ごとに記述されているタイムスタンプにより、最新のものを表示する。被災状況など推移を確認するために、過去の情報も参照できるようにする。これらの情報を、その特性にあった方法で管理・共有を行う。

5. おわりに

本研究では、孤立集落間での共助を情報共有により支援するために、集落間で情報共有のできる災害情報システムを提案した。これにより、孤立集落において、孤立集落間の共助を情報共有という観点から支援することを目指した。今後の課題として、以下の三点をあげる。

- システムの実装
- 情報項目・機能の検討
- システムの評価

提案システムを実際に、構築し情報共有を行い、中山間地域で十分、運用可能であるか確認する必要がある。また、提案システムで扱う情報項目に関しても、精査する必要がある。これらをブラッシュアップした後、中山間地域の集落で運用し、ここの住民により評価をしてもらうことが必要になる。

また、和歌山県みなべ町清川地区で実施される避難訓練において、システムを稼働させシステムの有用性の確認と情報項目の抽出をする実験を予定している。

参考文献

- [1] 内閣府：中山間地域などの集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査 調査結果 (2010)
- [2] 日本無線株式会社：総合防災情報システム, 日本無線技報 No-53 (2007)
- [3] 株式会社つくばマルチメディア：安心・安全な生活のバックアップ 地方公共団体等ネット防災情報システム e-Bosai, <http://www.e-bosai.jp/> (2004)
- [4] 塚田晃司, 野崎浩平, 中居健人, 鍋谷枝里子：中山間地域における災害時情報共有システムの提案と実装, 信学技報, OIS2008-9 (2008)
- [5] 和歌山大学防災研究教育プロジェクト：孤立中山間地域版防災ハンドブック, pp.16-17 (2009)
- [6] 浅野俊幸, 下羅弘樹, 外間正浩, 天見正和, 佐土原聡：災害対応情報の共有化を考慮したXMLスキーマの設計, 情報知識学会誌, Vol. 18, No. 3 (2008)