

1. IT による道路被災情報の効果的な収集と伝達

—レスキュー・ナビゲーションの実用化に向けて—

Management of Traffic Damage Alerts during Earthquakes with Information Technology - Applications of "Rescue Navigation" for Service Tests -

技術支援課 小川 好

1. はじめに

震災時には、道路は電力とならぶ最重要のライフラインであるとされている。これは、緊急物資を含めた生活物資の輸送や不通となった鉄道の代替輸送などが地震直後から道路交通に集中するだけでなく、被害を受けたライフラインの復旧や都市再建のための物流の大部分が、道路交通に依存するためである。いいかえれば、道路交通機能をどの程度まで維持・復旧できるかによって、震災後の都市の復旧プロセスが大きく左右されることになる。

地震によって損傷を受けた道路施設を計画的に復旧するとともに、残された交通機能を有効に利用するためには、道路施設の被災状況を早期に収集することが必要になるが、これにはいくつかの制約条件が課されている。その第一は絶対的なマンパワーの不足である。大規模な災害時には公的機関にきわめて多様かつ大量の要求がもちこまれる。それらの多くは、おそらくは緊急を要する事態であることから、本来の業務からはずれた内容であっても対応をせまられることになり、ただでさえ不足する人員を割くことになる。加えて、大規模震災にあっては職員や復旧作業従事者も被災者であるということが、事態をさらに悪化させる。

制約条件の第二は道路の渋滞である。1995 年兵庫県南部地震は 5 時 46 分に発生したが、すでに 7 時頃に

は大阪から被災地に至る国道 2 号線と 43 号線で大渋滞が発生している¹⁾。この地震は道路交通にとっては比較的好条件である早朝の発生にもかかわらず、数時間のうちにほとんど車が動かないグリッドロックの状態になった点を考えると、道路点検の手段として自動車はもちろんのこと、バイク・自転車の利用も避けざるをえない事態も考えられる^{注1),2)}。

第三の制約条件は通信の疎通状況の悪化である。音声による通話は固定、携帯電話とも利用できない状況が想定され^{注2),3~5)}、被災現場から事務所への情報伝達は移動防災無線を除くとかなり困難になるであろう。

もちろん、震災時の道路をとりまく状況は、地震の規模や発震時刻、被害の程度などによって大きくことなるが、最悪の事態では発震直後の道路施設点検といった防災計画で予定している行動も十分に行えない事態が考えられる。阪神・淡路大震災では、道路管理者が被災状況の全容を把握するのに約 1 週間を要したという事実⁶⁾もあることから、道路点検の現場から建設事務所・本庁に直接、情報を送信する仕組みの構築が望まれた。

このような状況から、当センターと建設局道路管理部は共同で、「レスキュー・ナビゲーション」と呼ぶ地震被害情報の伝達ツールを開発している。平成 22 年度からは、送受信用パソコンを全建設事務所に配置

注 1) 中川 大(文献 2)は、阪神・淡路大震災での教訓から「震災の時にはバイクや自転車が一番」という考えが広まると、かえって道路が混雑しかねないと警告している。これは、バイクや自転車は路肩を走行する程度なら問題はないが、車道にまであふれ出すような量に達すると道路容量を低下させるためであり、阪神・淡路大震災でもすでにこのような現象が確認されている。

注 2) 1995 年兵庫県南部地震では、普及しはじめていた携帯電話は比較的良好に通話できたが(文献 3)、2005 年福岡県西方沖の地震(文献 4)や 2003 年と 2005 年に発生した宮城県沖の地震(文献 5)では、携帯電話による音声通話は固定電話よりも通じなくなっている。

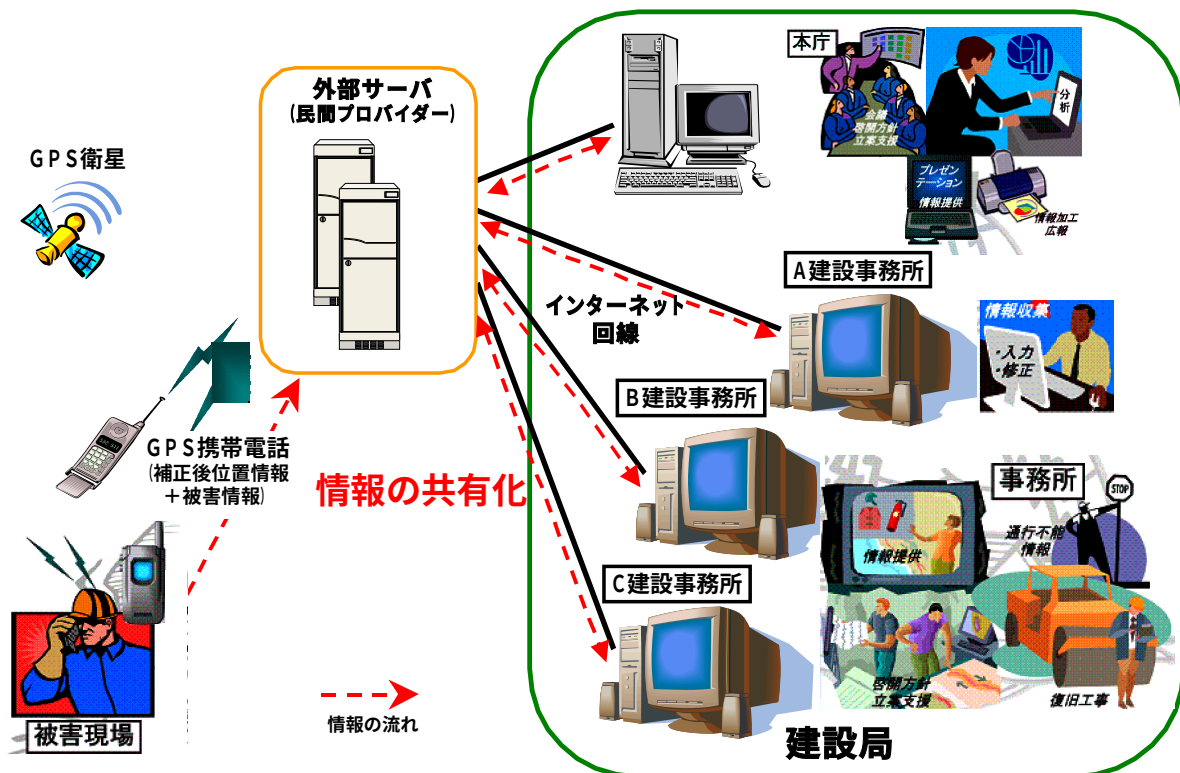


図-1 レスキュー・ナビゲーションの構成図

して試験運用を開始することから、このツールの基本的な構造と想定される利用形態について概説する。なお、レスキュー・ナビゲーションには冠水や積雪などによる日常的な道路交通障害に対応する機能も整備されつつあるが、この報告では当初、想定されていた地震災害に対する機能についてのみ解説する。

2. レスキュー・ナビゲーションの基本構成とコンセプト

(1) 基本構成

レスキュー・ナビゲーションの基本構成を図-1に示す。

被害現場ではGPS機能付き携帯電話で位置情報を取得するとともに、観察した道路交通障害情報をNTTドコモのiモードあるいはauのEZwebによってサーバーに送信する。iモードやEZwebはパケット通信であることから障害に強いとされており、輻輳に対しても音声通話とパケット通信は分離してコントロールできることから⁷⁾、災害時での信頼性は高い^{注3),8)}と考えら

れる。

携帯電話から送信された被害情報は、インターネットに接続されたサーバーに保存される。サーバーとしては、NTT系列2社のホスティングサーバーを利用し、関西圏のサーバーをメインに、関東圏のサーバーをバックアップとして運用する。携帯電話からの情報は、通常はメインサーバーに送信され、バックアップサーバーには自動的にコピーされる。どちらか一方のサーバーがダウンした場合も、残りのサーバーが情報を保存しつづけることができる。ダウンしたサーバーには復旧時点で稼働中のサーバーの情報をすべてコピーすることで、2重系を維持する。

建設事務所と本庁にはレスキュー・ナビゲーションのプログラムをインストールしたパソコンを配備し、インターネット経由でサーバーから被害情報を受信する。インターネットへの接続はFOMAデータ通信端末を使用することで、事務所内での移動も可能である。

建設事務所では、後で詳しく述べるように、携帯電話から送信された被害情報をレスキュー・ナビゲシ

注3) パケット通信（Web、メール）は、同時に多数が同じネットワークを利用できることから、音声通話に比べて効率的にネットワークを利用できる。2008年岩手・宮城内陸地震では地震発生直後、NTTドコモのネットワークには通常の数倍～数十倍のトラフィックが発生したため、岩手県・宮城県内からのFOMA音声発信では最大80%のネットワークコントロールが実施された。これに対して、パケット通信では音声通話とパケット通信を分離したコントロールが行われた結果、通信規制を行わずに通信を確保することができた（文献8）。

ョン内の道路情報に接続・確認する作業を行う。また、事務所で収集した被害情報をパソコンから入力することもできる。

(2) コンセプト

レスキュー・ナビゲーションの開発コンセプトは次の3項目である。

- ① 道路障害の判断は現場で
- ② 決定された被害情報は真
- ③ 物理的な損傷のみを対象

以下に若干の説明を加える。

1) 道路障害の判断は現場で

「被災判定を現場で」というコンセプトはごく当然に聞こえるが、実際に判定するのは容易ではない。防災訓練では「車両が通れない」という「事実」をあらかじめ決定している場合が多いが、実際の現場での多様な状況下で「車両が通れない、あるいは通れる」と判断できるようにするためには、いくつかの仕組みとサポートが必要である。

現場で判定すると想定されるレスキュー・ナビゲーションの利用者は建設局の職員や協定業者として登録されている会社の従業員であり、実際に震災を経験した人はまれであることから、判定のためのマニュアルを用意した。このマニュアルは過去の地震災害で発生した道路障害をパターン別に分類するとともに、すべてのパターンについて現場写真をつけて通行障害となる車線を解説したものである。

対象とする道路通行は車道のみとし、歩道は今のところ対象とはしていない。また、通行障害の量は車線数を単位とすることで、判定を容易にしている。

コンセプトでは現場での判定結果のみを送信することとしており、写真の送信は地震災害については想定していない^{注4)}。これは、通信データ量を軽くすることで、通信に利用するインターネットに負荷をかけないことと、少ない人的資源に負担をかけないためである。実際に被災写真を送られた場合を想定すると、受信し

た事務所・本庁で判読の作業が発生してしまい、被災情報が集中すればここがボトルネックとなる。

2) 決定された被害情報は真

本庁と各建設事務所で被災情報を共有するためには、レスキュー・ナビゲーションで流通している情報が常に真（正しい）でなければならない。また、この条件が成立するとき、被災情報の自動的な集計や外部機関への自動的な送信も可能になる。このため、現場から送信された情報は、発災地点を管轄する建設事務所でダブルチェックを受ける仕組みとした。

3) 物理的な損傷のみを対象

レスキュー・ナビゲーションでは、被害情報は応急措置の実施や補修などの復旧作業の際に、更新情報が入力されることを想定している。道路施設の被害は、当然ながら道路管理者が手を加えなければ状況は変化しない。これに対して、グリッドロックとなるような激しい渋滞でも、状況がゆるせば時間とともに緩和する可能性がある。渋滞に対応するためには常時の監視が必要であることから、レスキュー・ナビゲーションでは対象に含めることができない。

渋滞は、いうまでもなく震災時での道路障害の原因のうち、最大のものである。また、渋滞を対象としないということは、厳密には2点間の最適経路が決定できず、物理的に到達できる最短経路のみが求められることになる。しかし、この制限を明示的に加えることで、被災から復旧に至る全過程での情報を扱えることになる。

3. 被害現場での携帯電話による送信

携帯電話で現場から情報を送る際にもっとも問題となるのは携帯電話のGPSの精度である。GPSの精度を保つためには野外で測位するのはもちろんであるが、できるだけ天空の開けた場所で測定するのが望ましい。東京消防庁の実験結果⁹⁾によれば、精度が高い場合の誤差である10mがおおむね得られたとあるが、測定例

注4) 道路冠水や積雪などによる日常的な道路交通障害では、インターネットへの負荷が問題とはならず、建設事務所・本庁に送信される件数もさほど多くないと考えられることから、レスキュー・ナビゲーションではそのための写真送信機能を備えている。送信方法はプログラムの作成費用を抑えるため、GPSによる位置情報が付いた写真を添付したメールを送るというものである。レスキュー・ナビゲーションが起動していると、アプリケーションが一定時間ごとにメールサーバーに自動的にメールを取りに行き、写真の位置情報と写真データをレスキュー・ナビゲーションのサーバーに転送する。レスキュー・ナビゲーションのパソコン地図画面には写真撮影の位置が表示され、これをクリックすることでパソコンはサーバーから写真データを取得する。なお、写真の送信に関してはメインサーバーだけに対して実行され、サーバーのバックアップ機能はない。

が少ないことから、やや精度のひくい 25m 程度の条件での運用を考慮することとする。25m という精度は国土地理院の 1:25,000 地形図で表示すると 1mm の長さでしかなく、地図をファックスで送信する場合にも十分に生じる誤差である。後述するように、レスキュー・ナビゲーションでは道路の通行障害の単位として、主要な交差点間の道路スパン（リンク^{注5)}）を想定していることから、GPS 測位での多少の移動は問題とならない。特に、交差点付近で測位すると、2 つの道路リンクに近接するため判別がつかなくなることから、実際の被災地点から移動して測位する必要がある。

もちろん、携帯電話 GPS の測位精度が数百メートルの単位で悪くなる可能性もあり得る。このようなケースでは、送信データにあるテキスト形式の「補足」に目標となる地物、たとえばコンビニの名前や住所といったものを記載することで、発信位置を特定できるようになる。さらに詳細な説明が必要な場合は、「補足」に「この携帯電話に電話する」ことを要請するコメントを付加する方法も考えられる。建設事務所には災害時優先電話^{注6)}が配備されており、この電話でコメントのあった携帯電話と通話することで、位置や被害についてもくわしい説明が可能である。FOMA の場合、GPS 測位を実施すると精度レベルが 3 つの星で表示される^{注7)}とともに、送信データにもこのレベルが表示されていることから、どのような対応をとるかの判断に利用できる。

携帯電話から地震被害を送信する画面を図 - 2 に示す。レスキュー・ナビゲーションでもっとも重視される情報は送信時点での「障害車線数」と、通行できる車線数を割り出すための「総車線数」であり、プルダウンメニューから選択する。「障害の原因」は過去の地震被害での道路通行障害の分析をもとに作成したマニュアルに準じて「被害無し」と「復旧」、「その他」を含め 18 項目が選ばれ、サーバーに登録されて

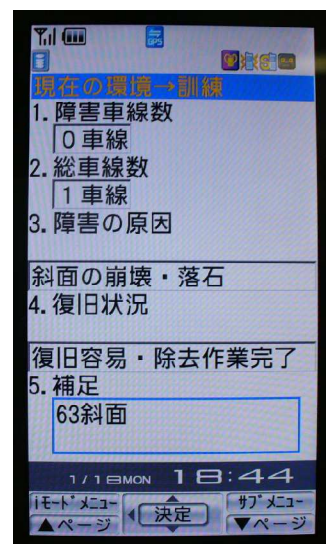


図-2 携帯電話の被害入力画面

表 - 1 障害の原因の項目

障害の原因	表示略称
被害無し	【無】
復旧	【復】
一般部路面亀裂・段差・陥没	【路】
のり面崩壊・落石	【法】
盛土・擁壁の亀裂・沈下・崩壊	【盛】
落橋	【落橋】
橋梁上部構造の被害	【橋上】
橋梁下部構造の被害	【橋下】
橋台背面の沈下	【橋背】
トンネル被害	【ト】
高架橋の落橋等	【高】
歩道橋の落橋等	【歩橋】
占用物の被害	【占】
沿道建物等の被害	【沿】
事故・放置車両	【事故】
沿道火災	【火】
電柱等の倒壊	【電】
その他	【他】

いる（表 - 1 参照）。このうち、「復旧」は何らかの対策がとられ始めた状態を指しており、復旧が完了して障害車線数が 0 になることではない。また、障害の原因の項目については、「被害無し」と「復旧」以外

注5) 道路網の要素のうち交差点や終始点をノード（接点、頂点）、2つのノードを結ぶ道路をリンクあるいはエッジ（枝、辺）と呼ぶ。

注6) 災害時に電話が使えなくなる理由の大部分は、電話会社が輻輳を解消・回避するために実施する発信規制である。いいかえれば、中継ケーブルの断線や基地局の停止などの物理的障害や輻輳を除き、すべての電話は着信の規制はうけないことになる。災害時優先電話は電気通信事業法に定める指定事業者に割り当てられた発信優先電話であり、規制を受けないことから、ある携帯電話が被災現場に到着したことが事務所でもわかれば、その携帯電話を通じて通話ができる可能性は高い。なお、総務省の災害時優先通信のホームページでは、優先電話は通話が優先されるものであり、必ずしもつながることを保証するものではないこと、優先電話の割り当てを受けた防災機関等では優先電話にシールを張るなどして周知に努めること、発信優先電話として使用すること（窓口電話としないこと）を勧めている（文献10）。

注7) 測位レベルでの誤差範囲はレベル3では水平誤差50m未満、レベル2では50m以上300m未満、レベル1では300m以上である（文献11）。

表 - 2 復旧状況の項目

困難度 対応状況	容易	困難	不明
未着手	[易未] 復旧容易・未着手	[難未] 復旧困難・未着手	[不未] 復旧不明・未着手
規制措置済み	[易規] 復旧容易・規制措置済み	[難規] 復旧困難・規制措置済み	[不規] 復旧不明・規制措置済み
除去作業実施中	[易中] 復旧容易・除去作業実施中	[難中] 復旧困難・除去作業実施中	[不中] 復旧不明・除去作業実施中
除去作業完了	[易完] 復旧容易・除去作業完了	[難完] 復旧困難・除去作業完了	[不完] 復旧不明・除去作業完了

は追加と削除が可能である。表示略称はパソコン上の地図に道路障害を表示する際の略称である。

「復旧状況」は表 - 2 に示すように、困難度の 3 区分（容易・困難・不明）と、対応状況の 4 区分（未着手・規制措置済み・除去作業実施中・除去作業完了）を組み合わせた 12 区分となっている。震災時の復旧工事では、人員と資材の調達や運搬などのロジスティクス計画を立てることが不可能なことから、具体的な復旧までの時間を現地でも決めることはできない。そのため、復旧については、送信時点での作業の状況と困難度を指標とした。

「障害の原因」と「復旧状況」も、携帯電話の画面に表示されるプルダウンメニューからの選択となる。

「補足」は前述したようにテキスト形式入力項目であり、最大全角で 100 字を送信できる。

4. 事務所でのオペレーション

(1) GPS 携帯電話からの被害情報の受信と確定

レスキュー・ナビゲーションの事務所でのオペレーションでもっとも重要なことは、現場と同じ被害の認識をもつこと（リスク・コミュニケーション）である。この点でも、過去の地震被害をもとに作成したマニュアルが、送信されてきた「障害の原因」の解釈で、より多くの情報を与えることになる。

被害情報の確定作業は、位置が経緯度で与えられて

いる携帯電話からの被害情報を、特定の道路リンクに結び付ける操作である。建設事務所は、当該の管内から送信された携帯電話の情報についてのみ、確定することができる^{注 8)}。レスキュー・ナビゲーションの「携帯被害管理」のメニューにしたがうと、送信されてきた被害情報の内容のリスト表示と、リストからひとつの被害情報を選択することで GPS の発信位置と最短位置にある道路リンクが地図上に表示される。GPS の測位精度が高く道路リンクに接近している場合はほとんど問題ないが、「補足」の内容から位置を判断するためには、背景図として表示する地図の詳細さが問題となる^{注 9)}。このほか、GPS 携帯電話の発信位置が道路リンクと離れてしまう可能性としては、送信すべき道路被害の誤選択が考えられる。GPS の精度だけでなく震災直後に建設局が担う道路障害物除去作業から考えて、携帯電話から被害を発信する道路としては、都道と国道、緊急指定の道路のみが想定されている。しかし、現地でこの区分が確実に実施できるとはかぎらないと考えておかなければならないであろう^{注 10)}。

(2) 道路データの問題点と解決法

道路データは道路網をノード・リンク関係に編集するとともに、ノードやリンクに属性が付加されているデータである。レスキュー・ナビゲーションではデータの更新性から、カーナビのデータである（財）日本デジタル道路地図協会のデータベース基準¹²⁾に準じた

注 8) 事務所の管内に帰属する携帯電話の判定は、管内の区市町の境界ベクトルと携帯電話の経緯度から決定される。また、携帯電話の GPS の誤差から都外を発信位置とする情報のもれを防ぐため、すべての事務所で確定できる都外からの被害情報のページを備えている。

レスキュー・ナビゲーションは起動時に入力する ID と事務所コードで確定作業を行う事務所を識別する。仮にある事務所が甚大な被害を受けて確定作業ができないような事態となった場合は、他の事務所が被災した事務所の ID とコードを入力すれば代替して作業ができる。

注 9) レスキュー・ナビゲーションでは背景図としてプロアトラス W3 開発キット（アルプス社）とデータパック（ヤフー）を使用している。

注 10) この場合の操作は、被害内容をメモした後、携帯電話の情報を誤報としていったん削除し、「事務所パソコンからの入力」によって被害のあったリンクに入力する以外、現在のところ方法がない。「事務所パソコンからの入力」は基本道路網すべてのリンクに入力できる。

注 11) このほか西多摩の山岳道路では交差点間隔がきわめて長く斜面災害の地点が確定できないことから、一定間隔でリンクを分割している。

注 12) たとえば、2010 年初動対応訓練で携帯電話から発信のあった第三建設事務所の北を通る早稲田通りは、中央分離帯のない相互通行の都道であるが、全国デジタル道路地図データ（住友電工）と国土交通省の道路交通センサスは、ともに 3 車線となっている。

住友電工製・全国デジタル道路地図データのうちの基本道路網（道路幅員が 5.5m 以上）を採用している。このデータベースに、警視庁が指定する交通規制路線と東京都防災会議の緊急道路障害物除去路線をリンクデータに追加するとともに、一部の車線数データがないリンクについては道路幅員をもとに車線数を設定した^{注11)}。

道路データのノード・リンクの例を、図-3 に示す。道路データの第一の問題点は、中央分離帯のある車線は 2 つの独立したリンクになっていることである。このため、情報は必ず障害のある車線側から、上下線で被災している場合は道路の両側からそれぞれ携帯電話で送信しなければならない。問題点の第二は、車線数はデータベースと現地での見た目とはことなるという点であり^{注12)}、事務所での携帯電話情報の確定では留意しなければならない。第三は、現地ではノードの場所がよくわからないという問題である。このため、レスキュー・ナビゲーションでは、発災後しばらくの間（現行では「復旧」が入力されるまでの間）は、各リンクの障害車線数は最新の値ではなく最大の値を画面表示するように設定している。

5. おわりに

阪神・淡路大震災やその後に発生した地震の際に、情報がどのように伝達されたかを概観すると、社会の

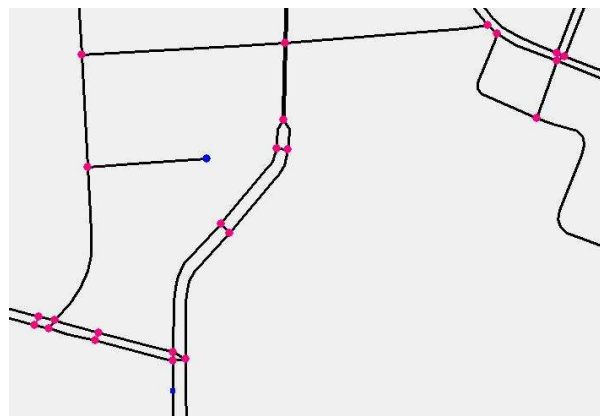


図-3 道路地図データのノード(●)とリンク(-)

進歩とともに新たな情報伝達手段が現れてくるものの、伝達を阻害する要因も同時に出現するようである。想定されているような直下地震による災害が東京に発生したと仮定すると、絶対確実な情報伝達手段はないと考えなければならないことから、これに対処するためには、複数の情報伝達手段を準備する以外に方法がないことになる。その意味から、レスキュー・ナビゲーションは現行の防災無線による情報伝達に取って代わるものではなく、相互に補完する方法である。このような視点にたつと、現行の方法にも、携帯メールによる現地から事務所への情報伝達や、防災無線ファックスで使用する地図の規格化など、改良する点も多いと思われる。また、収集した被災情報をもとに、どのような対策が実際に実現可能かを、過去の事例からあらかじめ検討しておくことも必要だと考えられる。

参考文献

- 1) 中川 大, 小林 寛 (2006): 大都市における震災時の交通対応策に関する研究, 阪神淡路大震災の教訓と現状の課題, 土木学会論文集 D, Vol.62, No.1, 187-206
- 2) 中川 大 (1995): 地震直後の交通渋滞と防災交通計画, 交通工学, Vol.30, 増刊号, 22-27
- 3) 内閣府 (2009): 阪神・淡路大震災教訓情報資料集, 1 - 02 初動体制, 【01】通信途絶
- 4) サーベイリサーチセンター (2005): 福岡県西方沖の地震アンケート調査, 調査報告書
- 5) 牛山素行 (2005): 2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震時の住民による情報利用実態, 日本災害情報学会第 7 回研究発表大会予稿集, 107 - 112
- 6) 木嶋 健, 元田良孝 (1996): 震災時の道路情報収集・提供に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, No. 19(1), 5-8
- 7) NTT ドコモ (2006): どうなる! 災害時の携帯電話, ドコモレポート, No. 47
- 8) NTT ドコモ (2008): どうなる! 災害時の携帯電話 (2008 年 8 月版), ドコモレポート, No. 62
- 9) 東京消防庁 (2009): 地震時における地域消防活動と災害情報収集伝達体制のあり方について, 火災予防審議会議答申
- 10) 総務省: 災害時優先通信, http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/net_anzen/hijyo/yusen.html, 2010 年 8 月 26 日閲覧
- 11) NTTdokomo: GPS, GPS 機能対応コンテンツの作成方法, <http://www.nttdokomo.co.jp/service/imode/make/content/gps/>, 2010 年 8 月 26 日閲覧
- 12) 財団法人 日本デジタル道路地図協会 (2006): 全国デジタル道路地図データベース標準, 第 3. 6 版