

## 安否確認のための電話利用量の予測\*

Estimation of Telephone Calls Informing Personal Safety News

奥村 誠\*\*・永野 光三\*\*\*

By Makoto OKUMURA and Mitsuzo NAGANO

In the Hanshin Earthquake in 1995, telephone facilities and communication cables were not so seriously damaged. But the bursting demand of telephone calls seriously decreased the performance of the telephone system. In order to make cities sustainable, we must prepare enough capacity of communication system for everyone to check their family members' safety in a severe disaster. For more quantitative discussion, this paper proposes a rough estimation of trips and telecommunication informing personal safety news. This paper uses Person Trip Survey data and discusses several interesting features of the trip/telephone demands in Kobe city.

**Keywords:** telecommunication, emergent contact, person trip survey, safety

### 1. はじめに

1995年1月17日の阪神淡路大震災により、阪神、淡路地区の都市インフラは大きな被害を被り、そのサービスは長期間にわたり停止、または低いサービス水準にとどまり、多くの市民が不便な生活を余儀なくされた。なかでも震災直後における通信インフラの機能障害は、家族や親戚の安否という最も基本的な情報の伝達を困難にするとともに、企業やインフラを管理する事業者にとっても従業員の被災状況や召集情報の流通能力の低下につながり、避難・復旧活動の円滑な実施を困難にし、状況をいっそう混乱させる原因となった。本稿では通信サービスのうち最も基本的な電話サービスを取り上げ、当日のインフラの被害状況、電話利用の実態をまとめる。さらに、パーソントリップ調査データを利用した、災害発生時の安否確認のための電話利用量の予測方法を提案し、神戸市におけるケーススタディーを実施する。

### 2. 震災による電話施設の被害と対応

#### (1) 電話施設の被害

震災直後の電話施設の被害については、NTT関西支社が直後からインターネット等を通じて公表している<sup>1)</sup>ほか、NTT関係者からの報告論文<sup>2)3)</sup>、労働組合の記録集<sup>4)</sup>にまとめられている。また緊急対応や復旧活動についてはドキュメントが公刊されている<sup>5)6)</sup>。ここでは電話施設の被害状況を再録する。

電話施設は、一般家庭や企業などの加入者からNTT営業所等に設置されている交換機までの「アクセス系設備」、交換機などの「所内設備」、交換機と交換機をつなぐ有線・無線の伝送路である「中継系設備」の3つに大別される。今回の地震ではアクセス系設備と所内設備に大きな被害が出た(図-1)。

アクセス系の被害としては、神戸地域の一般加入者回線約144万回線の13%にあたる約19.3万回線(うち神戸市内12.2万回線)が不通となったが、うち9万回線は家屋の全半壊や焼失等によるものであった。電話回線に起因する約10万回線の復旧は直後から進められ、1月31日にはほぼ復旧した。当初の被害見込みは6万回線であり、1月26日でも10万回線程度の被害見込みが発表されていたことから、被害状況をつかむこと自体が困難であったことがわかる。

\*キーワード：情報通信・電話利用・安否確認

\*\*正会員 工博 広島大学工学部第4類 助教授

(〒739 東広島市鏡山1-4-1 TEL/FAX 0824-24-7827)

\*\*\*フェロー会員 中央復建コンサルタンツ 計画設計部

(〒532 大阪市淀川区西宮原1丁目8-29-35

TEL 06-393-1135 FAX 06-393-1145)

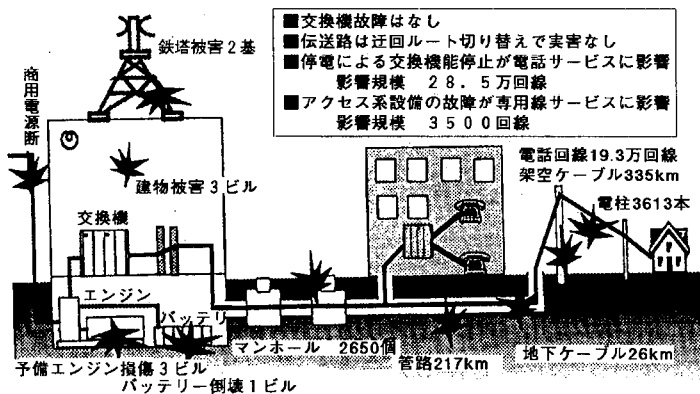


図-1 NTT電話施設の被害状況 (文献2より転載)

表-1 アクセス系設備の被害状況

	神戸支店	神戸西支店	西宮支店	尼崎支店	明石支店	洲本支店	加古川支店	豊中支店	被災総数	設備数	被災率 (%)
電柱 (本)	1319	832	1169	79	31	75	43	65	3613	233118	1.5
架空ケーブル (km)	123	145	49.4	0.9	0.3	13.9	0.3	1	334.7	19505	1.7
地下ケーブル (km)	19.6	2.6	2.9	0.5				0.1	25.7	11364	0.23
管路設備 (km)	60.8	47.3	60.2	10.4	4.3	14.3	12.2	6.8	216.3	3665	5.9
マンホール (個)	883	459	924	101	50	100	95	88	2650	26007	10.2

(阪神・淡路大震災1176時間の記録・情報労連全電通近畿地方本部)

表-1にアクセス系設備の被害状況を示している。管路設備・マンホール等の地中構造物は電柱などの地上の構造物よりも高い被災率を示しているが、地下ケーブル自体の被災率は小さく架空ケーブルの約1/30にとどまっているのが特徴的である。これを受けてNTTは、今後地下ケーブル化に取り組むとしている。

所内設備として、神戸市内の6ビル、3鉄塔に構造的な被害が発生した。また11の地域系交換機が停止し、神戸地域144万加入中約28万5000加入が使用不能となった。交換機の停止原因は交換機自体の被害ではなく電源の停止である。地震による商用電源の停止に備えバックアップ電源が用意されていたが、冷却水パイプや燃料パイプの破損によりバックアップ電源が損壊し、当初より3台の交換機が停止した。その後バックアップ電源用の燃料切れにより蓄電池が放電し8台の交換機が停止した。

NTTでは各地から移動電源車を出動させたが、現地への到着が遅れ、復旧は18日午前中であった。

## (2) ふくそうの発生

中継系伝送路は影響を受けたが、迂回ルートへの自動切り替えにより実害はなかった。ただし全国からのコールが大きく増加し、つながりにくくなるという「ふくそう」という現象が発生した。全国から神戸方面のコールは、1月17日には通常ピーク時の50倍、18日には20倍程度に達した。これに対応するためにNTTは兵庫県の出入りの回線を5000回線増設するとともに、1月22日まで着信を2割程度しか受け付けない「ふくそう規制」を実施した。

なおNTT関西移動通信網の施設においても被害が発生し、携帯・自動車電話用の36局は最大62時間、ポケベル用の3局も2時間～最大57時間にわたり機能を停止した。17日には通常の4.8倍のコール

があり、ふくそうが発生した。そのため、17～18日は50%、19日は20%のカットを行なうふくそう規制を実施している。

### (3) NTTの緊急対応と今後の対策

復旧活動以外のNTTの対応として、家屋の倒壊などによる加入者電話の使用不能や、住民の地域避難場所への移動に対応するために、無料特設公衆電話約3000台・FAX約350台を被災地内842カ所に設置した。さらに、被災地からの無料電報、死亡者リスト照会電話、「ライフライン電話帳」の発行を行った。

今回の震災を踏まえてNTTでは、これまでの施策を継続的に進めハード面での耐震性を高めるほか、新たにソフト面での施策を実施すると公表している。前者としてはネットワークのループ化、衛星の活用、地中化などによる施設の耐震性の向上、ネットワーク監視システムの導入などがある。またソフト面の施策としてはふくそうを防ぐための「ボイス・メール・サービス」、コイン溢れを防ぐ公衆電話の無料化、災害時優先電話の見直し、アクセス網被害状況の把握ツールの開発などを挙げている。

## 3. 震災直後の電話利用の実態

電話施設の被害の状況は以上の通りであるが、震災直後の住民の電話利用の実態についてはよくわかっていない。本研究では、公刊されている被災者の体験記などから電話利用の実態を抽出することとした。

### (1) 電話サービスの状況

4つの書籍<sup>7)・10)</sup>から時刻・発着信の場所が特定できる記述を約200件抜き出して整理した。それらの記述から、次のような状況が読みとれる。

- a) 一般加入回線に比べ、公衆電話からの通話はつながりやすかった。しかし震災直後から無音となったものも多く、つながる電話機には長い行列ができた。停電のため10円硬貨しか使えず、やがて電話機内に硬貨が満杯になり使えなくなった。
- b) 自動車電話、携帯電話は直後から使えなくなった。ただし、復興過程において長期的に見ると、携帯電話が役に立ったという意見が多かった。

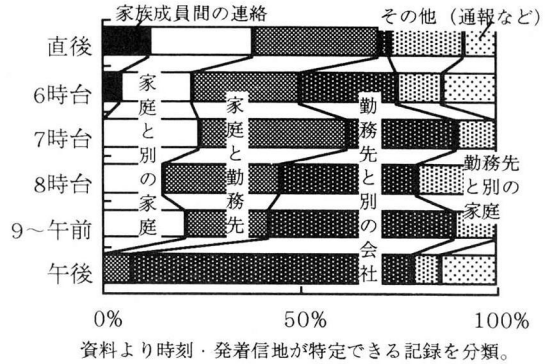


図2 時刻による通信内容の変化

- c) 大阪と被災地間に比べ、さらに遠方の地域との通話や国際通話の成功率が高かった。
- d) 専用回線はほとんど完全に機能した。
- e) 17日についても時刻とともに通話の成功率は大きく変化している。直後に比べ、6時台の方が通話につながりやすかった。ただしふくそうのためか、8時頃からの通話はかなり困難となった。その後当日中はつながりにくい状況が続いた。

### (2) 電話利用内容の時間的な変化

以上の通話に関する記事について、その通話がどのような相手となされたものかに着目して分類を行った。時間帯ごとの通話の種類構成比の変化を図2に示している。使用文献が新聞社・放送局の関係者のアンケートをまとめたものであるため、取材のための電話が含まれていると思われるが、次のような一般的な傾向を反映している。

- a) 地震の発生時刻が早朝であったため、家族成員が自宅に一緒にいるケースが多いが、出張などで離れていた場合にも連絡は直後に行われた。
- b) 新聞社・放送局では勤務先からの召集は直後から行われたが、一般の企業では7時台からが多い。同様に家庭から勤務先へ当日の出勤の可能性や必要性に関する問い合わせも7時以降に増えている。
- c) 勤務先からの業務上の連絡や顧客の家庭への連絡が午前8時以降増加している。

### (3) 電話障害が与えた影響

震災後、情報の種類ごとにどのような入手手段が用いられたかに関して、主婦を対象にした既存のア

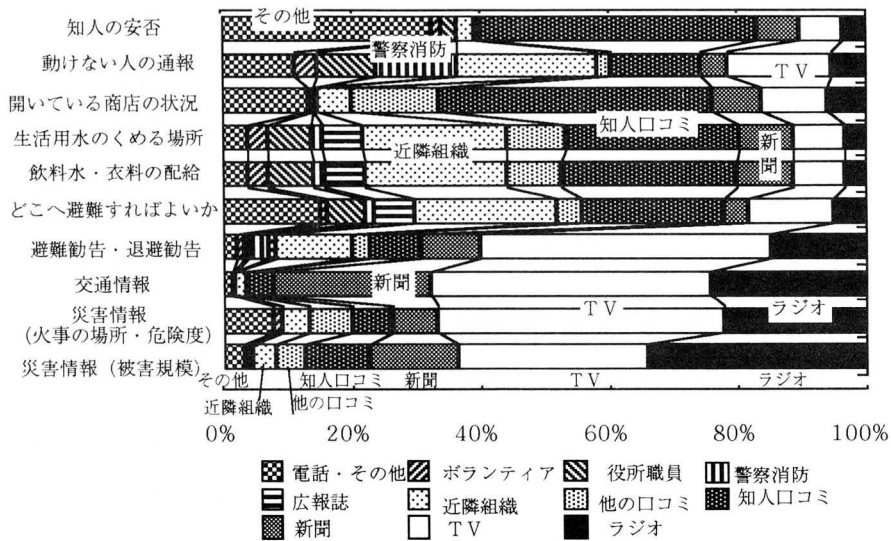


図-3 情報の入手方法に関するアンケート結果

アンケートの結果を図-3<sup>11)</sup>に示している。これより広域的な災害情報や交通情報ではラジオ・テレビが多く用いられているのに対し、生活情報や知人の安否などの個人的な情報については電話や口コミ、近隣組織を通じて情報の入手を行なっていることがわかる。知人の安否のような情報は、誰がいつ誰の安否を必要としているかがわからないという意味で個人的な情報であり、マスメディアでは伝えにくい情報であり、電話の役割が大きかったと考えられる。

富田ら<sup>12)</sup>は、被災当日の交通行動に関する調査の中で、避難行動に続いて安否確認のための交通が多く、またトリップメーカーの約3分の1は交通を行なう前にまず電話を試みたと報告している。当日の救援活動を円滑に行なうために私的な交通を抑えることが望ましく、電話の信頼性を高めることが重要であると考えられる。

#### 4. 災害直後の電話利用量の想定方法

上述のように、電話の利用ニーズは時間とともに大きく変化しており、それは日常生活時間のあり方と密接に関連している。今回の震災では早朝に発生したことが幸いして家族成員間の連絡ニーズがほとんどなかったほか、勤務時間帯になるまでに各種

のニーズが段階を追って発生したため、ピークの立ち上がりが遅く、直後の連絡に成功したケースが多かったと考えられる。

しかし、今後の対策を考える上では別の時間帯に災害が発生するという状況も考える必要がある。本研究では、災害発生時刻ごとに、その後の電話利用量の予測を行う方法を提案する。

##### (1) 滞在人口の想定

電話利用量の想定にあたり、時刻別の在宅者、外出者、交通途上者の数を把握することが重要である。

中林<sup>13)</sup>は、国勢調査の通勤ODデータと、平常時の退社・帰宅時刻に関する独自のアンケート調査を組み合わせ、時刻別の帰宅困難者数の推計を行なっている。本研究もこれと同じような問題意識で分析を行なうが、都市圏における人々の交通行動を時間軸にそって知ることのできるパーソントリップ調査を利用する<sup>14)</sup>。同調査の原票には、サンプリングされた個人のトリップ毎に、出発地、出発時刻、到着地、到着時刻、交通目的、交通手段などが個人の抽出率と共に記載されている。中野ら<sup>14)</sup>が説明するように、各個人のデータを時間軸にそって追跡すれば、時間軸上の各時点でその個人が滞在中か交通行動中かが判別でき、滞在中ならその場所を容易に

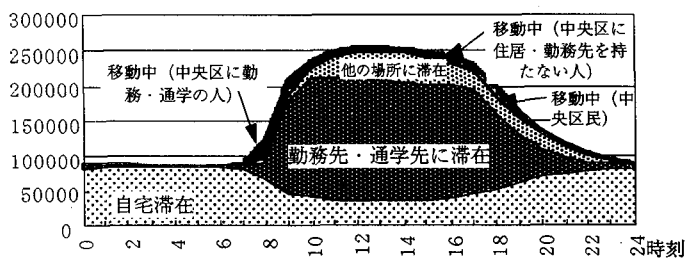


図4 中央区 (除くPI) における時刻別滞在者数

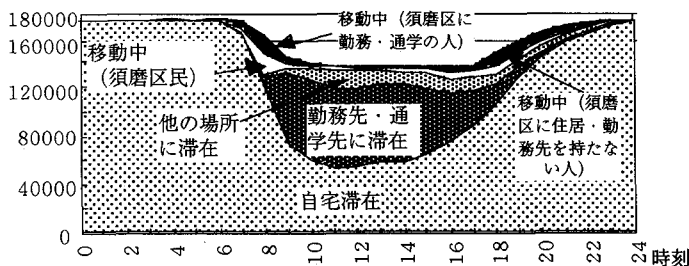


図5 須磨区における時刻別滞在者数

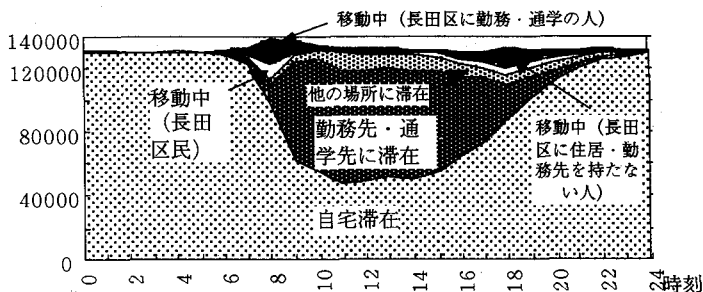


図6 長田区における時刻別滞在者数

知ることができる。交通行動中の場合も、出発時刻からの経過時間のトリップ所要時間との比(相対時間)を計算し、出発地から到着地までの距離に対して、ほぼ同じ比率だけ移動が完了していると想定することができる。よってネットワーク上でゾーン間の距離を用意しておけば、ある時点での位置を推測することが可能である。最後に抽出率の逆数を用いてサンプルを拡大することにより、各時点におけるゾーン毎の滞在者数を集計することが可能となる。

1990年の京阪神都市圏パーソントリップ調査の個票データを用いて、神戸市の11ゾーン(9区と六甲アイランド、ポートアイランド)のそれぞれについて各時点の滞在人数と移動中の人数を計算した。図4~6は特徴的な傾向の見られた3つのゾーンの

結果を示している。すなわちCBDに位置する中央区(ポートアイランドを除く)においては、勤務先が集中しているために日中の滞在人口が多い(図4)。逆に新規に開発されたニュータウンを多く含む須磨区では、地域内に勤務先が少ないために夜間や早朝の滞在人口が多いことが図5からわかる。古くからの下町地区を含み、地場産業などの勤務先も集積している長田区は両者の中間的な特徴を持っている(図6)。すなわち時間帯による滞在人口の差はほとんどないことがわかる。

## (2) 電話利用の需要推定

本分析では、災害発生後に行なわれるであろう3つのタイプの電話利用を考える。

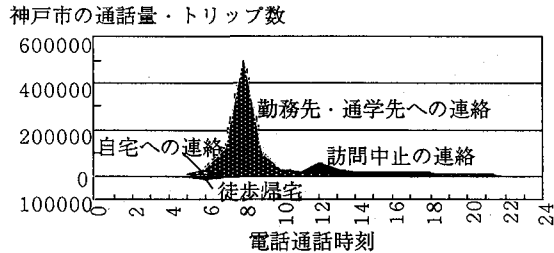


図-7 午前6:00の災害発生後の電話通話量の予測

第1に、災害が発生した場合、外出中の人々ではできるだけ早く、自分の無事を知らせたり家族の安否を確認しようとするであろう。その時点での滞在場所あるいは移動中の地点が自宅のすぐ近くであれば、徒歩により帰宅することが可能であるが、遠い場所に居る場合、電話などの通信手段に頼って連絡を試みざるを得ない。富田らのアンケート調査結果によれば、徒歩で帰宅するのはほぼ2kmの距離であったと報告されているが、今回の計算では自宅と同一のゾーンに居るか、あるいは自宅ゾーンから5km以内のゾーンに居る場合には自宅に戻り、それ以遠のゾーンに居る場合にそのゾーンから自宅に電話による連絡を試みると仮定する。また、この連絡は災害発生直後に行なわれると仮定する。

第2に勤務先や通学先に滞在中でなければ、それらの場所に自分の状況を報告したり、当日の行動に対する指示を受けるための連絡がなされると仮定する。そのタイミングについては以下のように仮定する。すなわち a) 災害発生が勤務時間以前であれば、勤務先に誰かが出社してくるのを待って連絡をすると考えられる。しかしPT調査データでは各企業ごとの人々の出勤時刻はわからないので、そのサンプルの出社あるいは登校がなされるはずだった時刻に連絡を行うと仮定する。b) 勤務時間中に災害が発生した場合、もし勤務先や学校から外出中であれば、その時点に連絡を試みると仮定する。c) もし勤務時間後の夜間に災害が発生した場合には、連絡は翌日に行なわれると仮定する。

第3に予定されている外出や訪問を取りやめるといふ連絡を考える。この連絡は、本来の到着予定時刻に行なわれると考える。

実際にはこれらのほかに、家族以外の親類や知人の安否確認のための連絡、業務上のつながりのある

人や友人の情報収集が行なわれると考えられるが、上述した3つのタイプの連絡に比べて緊急度が低く、必ずしも当日に行なわれるとは限らない。

本研究では、各正時に災害が発生するケースを仮定して、徒歩帰宅、自宅への電話連絡、勤務先への電話連絡、および訪問中止連絡の時刻と量を計算する。

## 5. 電話利用量の推定結果

### (1) 阪神大震災の再現ケース

まず3. で述べた阪神大震災の状況を再現してみる。すなわち午前6:00に震災が発生した場合に、引き続き時間帯に神戸市内で発生する電話連絡の需要量を推定した結果を図-7に示す。横軸の上側に電話による連絡を、下側に徒歩による帰宅トリップ数を示している。これより、電話需要には3つのピークが存在することがわかる。すなわち、a) 地震直後の午前6:00に、早朝より外出している少数の人から自宅に向けて通話がなされることによる小さなピーク、b) 通勤、通学先への連絡により、午前7:00から増加し8:00に最大値を持つ大きなピークで、午前7:00以降の通話の成功率を低める原因となったピーク、およびc) 訪問中止を連絡するために生じる午後の小さなピークが存在すると推測される。このうち第3の連絡はもっと早い時間帯になされる可能性や、訪問がそれほど重要でない場合には行われない可能性もある。

### (2) 災害の発生時刻による通信需要量の相違

災害の発生時刻が異なれば通話需要量は大きく変わりうる。図-8は各正時に災害が発生したと仮定し、その後神戸市内で当日中に起こるであろう電話

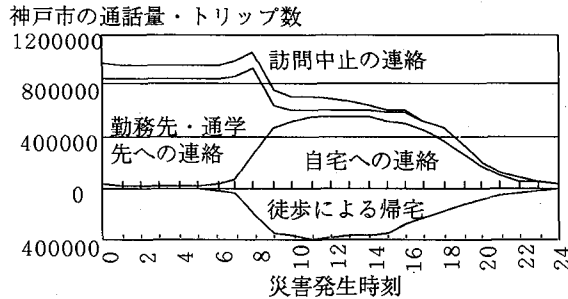


図-8 異なる時刻の災害に対する当日の電話通話量

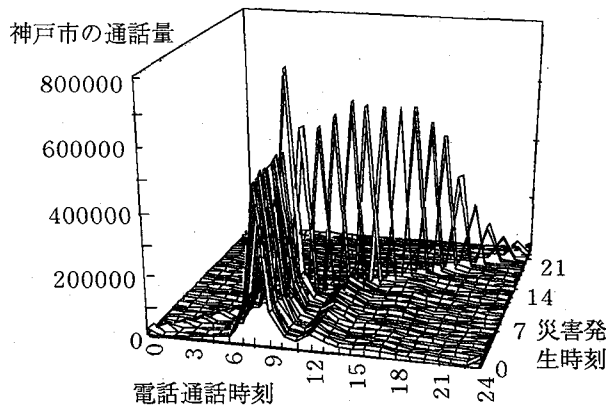


図-9 災害発生時刻ごとの電話利用パターン

連絡と徒歩による帰宅トリップの総量を計算した結果である。災害の発生が遅くなると訪問中止連絡が不要になるとともに、通勤・通学先への連絡も翌日に回されるために通信の総量は減少する。最も問題となるのは午前8:00という通勤・通学途上における災害である。この場合、人々は自宅と勤務先の両方に連絡を行う必要があるために、需要量は大変大きくなる。

### (3) 通信需要の発生パターン

災害の発生時刻の違いは、通信の量的な違いのほかに、通信発生時刻の違いをもたらす。日中に災害が発生すれば、自宅への連絡、外出先から勤務先への連絡などがすぐに試みられ、すぐにピークが現れるであろう。さらに本分析では考えていないが、業務上の連絡も重なる可能性がある。

図-9は災害の発生時刻ごとに、引き続き時間帯にどのように通信需要が発生するかを示したもので

ある。今回の震災のように朝の通勤時間帯よりも前に災害が発生すると、(1)で示したように3つのピークが発生する。

一方、午後の災害の場合には、通信需要は災害直後に1つのピークを持ち、その高さは早朝災害の最大のピークよりも大きくなると想定される。

また、午前8:00という通勤・通学途上における災害は、量として大きな通信需要が発生するばかりでなく、それらが短時間に集中するために大変顕著な集中を引き起こすことがわかる。今後の震災対策を考える上では、この時間帯における需要を考慮していく必要がある。

## 6. おわりに

将来の交通計画を考える上で交通と通信の代替性は重要な論点となっているが、非常時においても交通と通信の代替関係が存在する。家族の安否などの

必要な情報を電話などの通信手段で得ることができなければ、人々は自宅へ帰って自分で確かめようとするであろう。その交通が混雑を激化させ、緊急車などの到着をより困難にする可能性がある。安心して暮らせるまちづくりのためには、地域の人々の生活時間の構造をもとに、このような情報通信に対するニーズを概算し、通信と交通との役割分担を明確にしてそれぞれの信頼性を高めていくことが必要であろう。

情報はわれわれの生活にとって不可欠なものであり、平常時には電話を用いて簡単に交換・入手することができる。震災などの非常時においては生活情報や個人的な安否などの情報の必要性はますます大きくなる。ハードな対応によって通信施設の耐震性を高め、ソフトな対策を合わせて通信の信頼性を高めることはもちろん重要であるが、完全な通信サービスを暗黙のうちに前提としていた都市居住のあり方についても考え直す必要があると思われる。

本研究を通じて、緊急時の行動も平常時の生活時間のあり方を反映していることが明らかとなった。また既存のパーソナリティ調査結果を活用すれば、地域による生活時間の構造の違いが明らかとなり、住民の生活構造に合わせた緊急対応を考えるベースが提供できることを示せたと考える。

残念ながら、当日の地域別通話量やコール量、あるいは実際に設置されている通信施設の処理能力についてはデータが公表されておらず、本研究での分析は推定の域を出ない。もしふくそうが発生すれば、一つの連絡を済ませるために何回もコールを試みることになるから、ここで示した値の数倍ものコールが発生する可能性がある。また地域外からの通話量など、考慮していない要因も多い。しかしながら、本研究によって、潜在的な通話ニーズの大きさを大まかに捉えることができ、これからの通信基盤のあり方に対する議論のスタート点になればと考える。

**謝辞：**通話に関する資料の整理に当たっては広島大学大学院吉田英雅君の助力を得た。京阪神都市圏交通計画協議会からは、パーソナリティ調査データ利用の承認をいただいた。また本稿をまとめるに当たり、土木学会関西支部阪神・淡路大震災調査研究委員会復旧復興分科会の方々からの貴重なコメントをいただいた。記して感謝の意を表する次第です。

#### 参考文献

- 1) 日本電信電話会社関西支社：兵庫県南部地震に伴う被害および復旧活動について、1995.2.1、インターネット([www.ntt.co.jp](http://www.ntt.co.jp))
- 2) 石川宏：情報通信ネットワークの危機管理、オペレーションズリサーチ、41(2)、pp.90-99、1996.2.
- 3) 井上和幸：阪神淡路大震災を契機とした電気通信サービスの災害対策、新都市、50(1)、pp.97-104、1996.1.
- 4) 情報労連・全電通近畿地方本部：阪神淡路大震災1176時間の記録、1995.8.
- 5) 朝日新聞大阪本社経済部編：大震災の企業防衛・ケーススタディー、朝日新聞社、1995.4.
- 6) 中野不二男：繋ぐ・阪神大震災、「電話」はいかにして甦ったか、プレジデント社、1996.1.
- 7) 猪熊弘子編著：女たちの阪神大震災、朝日新聞社、1995.3.
- 8) 朝日新聞アエラ発行室編：大震災100人の瞬間、朝日新聞社、1995.3.
- 9) 朝日新聞大阪本社編集局編：大震災その時の朝日新聞、朝日新聞社、1995.4.
- 10) 朝日放送記録グループ編：大震災放送局24時間、朝日新聞社、1995.4.
- 11) サンケイリビング新聞社編：阪神大震災主婦115人の証言、扶桑社、1995.5.
- 12) 富田安夫・林良嗣・新田昭：兵庫県南部地震後における被災地内居住者の交通行動実態とその削減可能性、日本計画行政学会関西支部「新防災都市計画研究小委員会」論文集その2、1996.6.
- 13) 小林一樹：地震災害に起因する帰宅困難者の想定手法の検討、総合都市研究、47、pp.35-75.
- 14) 中野敦・白井芳樹・本田武志・岸野啓一：震災時の交通行動に関する一考察、土木計画学研究・講演集、18(1)、pp.461-462、1995.12.