

# 修士論文

災害時におけるトラフィックモデルの検討

A Study on Traffic Modeling during Disasters

2012年2月8日

指導教員 相田 仁 教授



東京大学大学院  
新領域創成科学研究科基盤情報学専攻

47-076336 足立 恵理子

# 内容梗概

---

2011年3月11日の東日本大震災のような大規模災害が発生すると、広範囲にわたり輻輳が原因で音声電話の繋がりにくい状態が発生する。通信における輻輳とは、通信要求を処理するシステムの許容量を大幅に超える電話やメールが発生することである。輻輳が起きる原因としては、大規模なイベントの期間中や、チケットの予約受け付け、年末年始の挨拶など、さまざまな通信機会が考えられる。また輻輳を増幅させる要因の一つとして再呼が挙げられる。再呼とは通信要求が途絶されても繋がるまで諦めずに電話をかけ直す行為のことである。本研究では大規模災害の発生時における、被災地域と周辺地域あるいは首都圏との電話やメールでの安否確認、救援情報などユーザーニーズへのサービス提供を目的とする。

現在、災害時における一般的な輻輳対策として、①発信規制②待時系③通信時間制限④ボイスメールなどが提案されてきたが、その対策の有効性を評価するには災害発生後に人々がどれだけ電話をかけ合ったか、その頻度を入力トラヒック、またその内訳である発生トラヒック及び再呼トラヒックとして把握する必要があった。しかし、発生トラヒックと再呼トラヒックを含めた入力トラヒックの解明はこれまで困難とされてきた。そこで今回、首都圏の人々を対象にアンケート調査を行った結果、設定した条件下での入力トラヒックを示すことができた。

本研究ではアンケート調査でえたトラヒック情報をもとに、シミュレーションで再呼モデルを含んだ災害時のトラヒックモデルの検討を行った。検討内容はアンケート結果より発生トラヒックを決定し、これと再呼確率や再呼待ち時間を変化させることにより出力された再呼トラヒックを合計したものを通信事業者の入力トラヒックに合わせること为目标とした。そして本論文では、その検討過程と共に、新たな通信確保手法としてボイスメールサービスの誘導を提案し、評価結果とともに報告する。

# 目次

---

第1章 序論.....	1
1.1 はじめに.....	2
1.2 本論文の目的.....	4
1.3 本論文の構成.....	5
第2章 研究背景.....	6
2.1 総務省によるアンケート結果.....	7
2.1.1 3/11 当日の状況.....	7
2.1.2 電話について.....	7
2.1.3 メールについて.....	8
2.1.4 災害用伝言サービスについて.....	8
2.1.5 今後の対策方法について.....	8
2.2 再呼について.....	9
2.2.1 高橋モデル.....	9
第3章 輻輳時のトラヒックモデル.....	11
3.1 本研究で対象とする範囲.....	12
3.2 輻輳時のトラヒックモデル.....	13
3.3 トラヒック量と時刻の関係.....	14
3.4 平日と3/11のトラヒック比.....	15
3.4.1 固定電話.....	15
3.4.2 携帯電話.....	16
第4章 東日本大震災における通信手段に関するアンケート調査.....	18
4.1 本研究で実施したアンケート調査.....	18
4.2 3/11の連絡手段に関するアンケート結果.....	18
4.3 タイプ1、タイプ2、タイプ3についてのアンケート調査.....	20
4.3.1 質問内容.....	20
4.3.2 3/11の地震速報、交通状況.....	21
4.3.3 アンケートとタイプの対応.....	22
4.3.3.1 タイプ1のアンケート結果.....	22

4.3.3.2	タイプ2のアンケート結果	24
4.3.3.3	タイプ3のアンケート結果	24
第5章	VisualSLAMを用いたシミュレーションによるトラヒックモデルの検討	25
5.1	シミュレーション内容	6
5.1.1	シミュレーション説明	6
5.1.2	シミュレーション目標	7
5.1.3	発生トラヒック	9
5.1.4	アンケート結果	30
5.2	シミュレーション条件	31
5.2.1	携帯電話について	31
5.2.2	固定電話について	32
5.3	携帯電話のシミュレーション結果	33
5.3.1	再呼確率を変化させたとき	33
5.3.2	再呼待ち時間を変化させたとき	35
5.3.3	サーバ数を変化させたとき	36
5.3.4	再呼待ち時間一定 vs 変化	37
5.4	固定電話のシミュレーション結果	39
5.5	考察	40
第6章	通信確保手法	41
6.1	災害用伝言サービスの現状	42
6.2	通信事業各社の今後の取り組み	43
6.3	3/11の安否確認	44
6.4	ソーシャルネットワークサービス	45
6.5	ボイスメールサービスの提案	46
6.6	ボイスメールサービス内容	46
第7章	結論	48
7.1	まとめ	49
7.1.1	入力トラヒックのアンケート結果	49
7.1.2	再呼モデルのシミュレーション結果	49
7.1.3	通信確保手法の提案	49
7.2	今後の課題	50

## 目次

---

参考文献.....	52
発表文献.....	54
付録 A 総務省によるアンケート結果.....	5
A.1 3/11 当日の状況.....	55
A.2 電話について.....	56
A.3 メールについて.....	61
A.4 災害用伝言サービスについて.....	61
A.5 今後の対策方法について.....	63
付録 B 本研究のアンケート内容.....	5
B.1 東日本大震災の連絡手段に関する質問.....	65
B.2 東日本大震災の入カトラヒックに関する質問.....	69

# 目次

---

1.1	3/11の固定電話トラヒック（全国→東京都）	3
1.2	3/11のNTTdocomo電話トラヒック（東京23区内）	3
1.3	災害時における通信状況のイメージ	4
2.1	モデル図	9
3.1	3/11発生後の被害程度のイメージ	12
3.2	輻輳時のトラヒックモデル	13
3.3	トラヒック量と時刻の関係	14
3.4	固定電話における平日と3/11のトラヒック比	16
3.5	携帯電話における平日と3/11のトラヒック比	17
4.1	3/11に使用した連絡手段	18
4.2	3/11に一番役に立った連絡手段	19
4.3	使用した連絡手段の満足度	19
4.4	アンケート内容	20
4.5	webアンケート例	21
4.6	3/11の地震速報の例	21
4.7	タイプ1における時刻と呼数の関係	22
4.8	タイプ1における時刻と比率の関係	24
4.9	タイプ2における時刻と呼数の関係	24
4.10	タイプ3における時刻と呼数の関係	24
5.1	ネットワーク図	26
5.2	携帯電話における発生トラヒックと再呼トラヒックの関係	27
5.3	固定電話における発生トラヒックと再呼トラヒックの関係	28
5.4	再呼待ち間隔時間表示	29
5.5	シミュレーションのブロック図	31
5.6	再呼確率による入力トラヒックの結果	33
5.7	再呼確率による発生トラヒックと再呼トラヒックの比率	34
5.8	再呼確率による再呼待ち人数の結果	34

## 図目次

---

5.9	再呼待ち時間による入力トラヒックの結果	35
5.10	再呼待ち時間による発生トラヒックと再呼トラヒックの比率	35
5.11	再呼待ち時間による再呼待ち人数の結果	36
5.12	サーバ数による入力トラヒックの結果	36
5.13	サーバ数による再呼待ち人数の結果	37
5.14	時間帯別の再呼待ち時間	37
5.15	(i) vs (ii) 入力トラヒックの比較結果	38
5.16	(i) vs (ii) 再呼待ち人数の比較結果	38
5.17	固定電話による入力トラヒックの結果	39
5.18	固定電話による発生トラヒックと再呼トラヒックの比率	39
5.19	固定電話による再呼待ち人数の結果	40
6.1	災害伝言ダイヤルと災害伝言掲示板の満足度	42
6.2	安否確認 メール vs 肉声	44
6.3	安否確認 メール vs 肉声 (年代別)	44
6.4	ボイスメールサービス内容	46
A.1	地震発生時、どこにいたか(年代別)	55
A.2	最初に連絡をとろうとした相手(全体)	55
A.3	連絡した目的(全体)	56
A.4	利用した・利用とした連絡手段(複数回答可)(全体)	56
A.5	最初に試した連絡手段(全体)	57
A.6	最初に連絡のとれた時期(全体)	57
A.7	電話の繋がり具合(全体)	58
A.8	通話時間(全体)	58
A.9	リダイヤルを避けたり、通話を短くするように意識したりしたか(全体)	59
A.10	電話がつながりづらい状況でも電話を利用した理由(全体)	59
A.11	安否確認に通話時間は最低何分必要か(全体)	60
A.12	通話時間制限に対する賛否(全体)	60
A.13	メールの送受信時間(全体)	61
A.14	災害用伝言サービスを震災前から知っていて利用した人(126人)への質問 災害用伝言サービスを何で知ったか(複数回答可)(全体)	61
A.15	災害用伝言サービスを利用しなかった人(1508人)への質問 利用しなかった理由(複数回答可)(全体)	62
A.16	災害用伝言サービスに接続できた人(119人)への質問 操作性について(全体)	62

## 目次

---

A.17	災害用伝言サービスやメールを初めに使おうと思うか(全体)	63
A.18	連絡手段の確認・改善予定(全体)	63
A.19	災害時の対策・検討する予定の手段の中に、災害伝言サービスやメールの活用は含まれているのか(全体)	64
B.1	前置き	65
B.2	性別の質問	65
B.3	年齢の質問	65
B.4	職業の質問	66
B.5	状況質問	66
B.6	連絡手段の質問	66
B.7	使用した連絡手段の質問	67
B.8	役立った連絡手段の質問	67
B.9	満足した連絡手段の質問	68
B.10	通話した相手先に関する質問	68
B.11	安否確認に関する質問	69
B.12	地震速報と交通状況	69
B.13	電話をかけた人数の質問	69
B.14	普段から連絡している、あまり連絡しない人に対する人数の質問	70
B.15	電話が繋がった、繋がらなかった相手に対する人数の質問 (普段から連絡している人)	70
B.16	電話が繋がった、繋がらなかった相手に対する人数の質問 (あまり連絡しない人)	71
B.17	電話をかけた時間帯の質問 (普段から連絡している人且、電話が繋がった)	72
B.18	電話をかけた時間帯の質問 (普段から連絡している人且、電話が繋がらなかった)	73
B.19	電話をかけた時間帯の質問 (あまり連絡しない人且、電話が繋がった)	74
B.20	電話をかけた時間帯の質問 (あまり連絡しない人且、電話が繋がらなかった)	75

# 表目次

---

4.1 平日の1契約1日あたりの通信回数.....	23
4.2 時間帯別通信比率.....	23
6.1 SNSの登録状況.....	45

# 第 1 章

---

## 序論

## 1.1 はじめに

ネットワークが混雑している時、通信要求を行ってもサービスを受けられないユーザが発生する。昨今各地において台風による洪水や大地震などの激甚災害が頻発しているが、その折親類縁者や知人への安否確認など被災地に向け通信要求がいちどに集中する。あるいは大規模なコンサートやスポーツイベントが終了した直後には大勢の人々が自分の知人や家族との情報交換や共有のため一斉に電話をかける傾向がある。このときの電話呼は平日に比べ格段に増えるため通信要求を受けるシステム側が能力不足に陥り電話呼の制御が必要となる。現在、一定以上の負荷が発生した場合には設備保護の観点より電話会社の判断で通信規制が行われている[1]。

1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災では、発生当日全国各地から兵庫県への電話要求は平日の約20倍であった。またその翌日以降も平日の6~7倍の通信需要が続き、スムーズに通話ができるようになったのは6日目以降であった。[2]。

2003年5月26日に発生した宮城県北部沖地震では、東北地方への固定電話が地震発生直後のわずかな時間帯に集中した。なかでも宮城県への通信要求は地震発生直後の約3分間で平日の約29倍発生していた。なお通信規制が解除されたのは地震発生からおおよそ4時間のちのことであった。携帯電話では地震発生直後の3時間内に平日の30倍もの発着信要求があったものと推定させる。なお発信においては地震発生直後より3時間のあいだ87.5%の発信規制が行われ、解除したのは発生より7時間後であった。また着信においては約5時間のあいだ70%の通信規制が行われた[3]。

2008年6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震では、各社にバラツキはあるものの固定電話・携帯電話ともに約5時間のあいだ、最大87.5%の発着信規制が行われた[4]。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、固定電話のトラヒック量は平日の4倍~8倍、最大80%~90%(NTT東日本、KDDI、Softbank)の発信規制が行われた。また携帯電話のトラヒック量は平日の50倍~60倍、最大70%~95%(NTT docomo、au by KDDI、Softbank)の発信規制が行われた[5]。

東日本大震災では、携帯電話やスマートフォンなど広範囲でつながりにくい状況が発生し、大量の帰宅困難者が発生した首都圏では安否確認すら満足にできない状態が終日続いた。ユーザが真に通信要求しているときに、通信できないことは、ユーザにとって強い不満となる[6]。

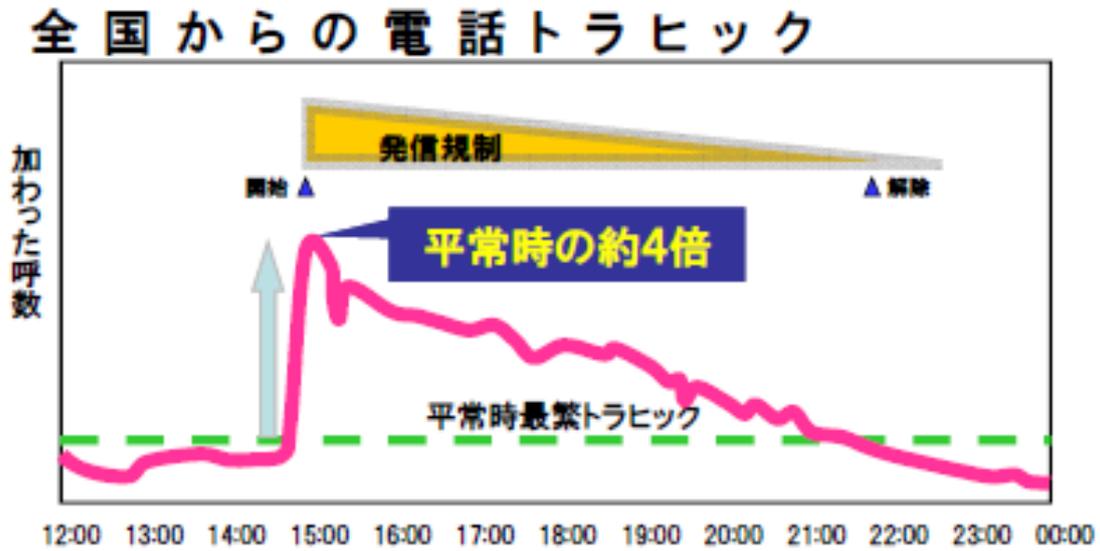


Fig.1.1: 3/11の固定電話トラヒック（全国→東京都） [7]

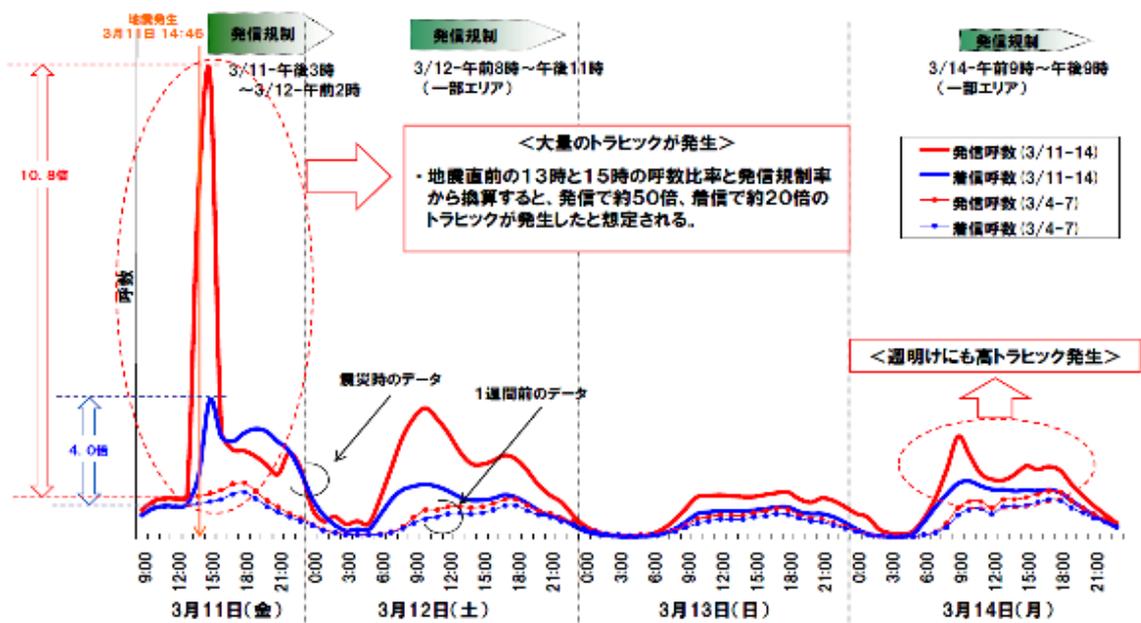


Fig.1.2: 3/11のNTTdocomo 電話トラヒック（東京23区内） [8]

## 1.2 本論文の目的

現在、大規模災害における輻輳対策として①発信規制②待時系③通信時間制限[9]④ボイスメールなど提案されている。輻輳対策を行ったときの通信手順は、まず、最初に呼が発生し、大量の「入力トラヒック」に対し適切な「輻輳対策」を行った結果、電話相手と繋がり用事が終わるとサービスが終了する、といったイメージである。効果的な対策を検討するには先ずは入力トラヒックの発生メカニズムを解明することが必須要素なる。入力トラヒックとは利用者が電話をかけあつたときの通信情報量として表現したものであるが、その検討には利用者が初めて電話をかけたときに発生する「発生トラヒック」と電話が繋がらないとき諦めずに2度3度と繰り返しかけ直した時の「再呼トラヒック」の識別が重要課題となる。

この入力トラヒックにおいては、震災発生当日、発信制限後の電話トラヒックデータであれば総務省より取得している。これが Fig.1.1（固定電話）、Fig.1.2（携帯電話）にあたるものである。しかしながら発信制限前に入力トラヒック、またその内の発生トラヒックの特徴が認識できず、モデル化出来ていないのが現状であり、再呼モデルの検討及び輻輳対策の有効性を評価することが出来ないという問題があった。

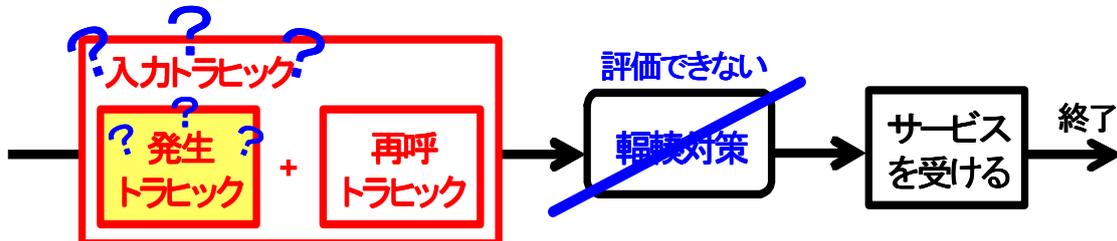


Fig.1.3: 災害時における通信状況のイメージ

そこで、本研究ではアンケート調査をもとに入力トラヒックを構成する「発生トラヒック」と「再呼トラヒック」の特徴を把握し、平日と3/11のトラヒックを比較検証するなかでその特徴を調べ、入力トラヒックの分析を行うことにした。また、再呼を含む待ち行列モデルを導入したシミュレーションによりその効果を検証することを目的とした。

### 1.3 本論文の構成

本論文は5つの章から構成されている。以下に各章の構成を示す。

#### 第1章

本研究の問題点と目的を説明し、本論文の構成について述べる。

#### 第2章

研究背景として総務省が実施した3/11当日における連絡手段に関するアンケート結果の説明、再呼モデルの概念として高橋モデルを紹介する。

#### 第3章

本研究で対象とする範囲、輻輳時のトラヒックモデルやトラヒック量と時刻の関係について述べる。

#### 第4章

本研究で実施した3/11当日の連絡手段に関するアンケート結果と入力トラヒックのアンケート結果を述べる。

#### 第5章

再呼モデルのシミュレーション結果を述べる。

#### 第6章

新たな通信確保手法としてボイスメールサービスの誘導を提案する。

#### 第7章

本論文のまとめを行い今後の課題について述べる。

## 第 2 章

---

### 研究背景

## 2.1 総務省によるアンケート結果

総務省は以下の前提条件化で3/11当時の状況や音声電話、メールなどの連絡手段についてアンケート調査を行った。その結果を以降に述べる[10]。また、そのグラフ内容は付録Aに掲載した。

- ✓ アンケート対象者は東日本大震災発生直後から3/14までの期間に東京・神奈川・千葉・埼玉・茨城・青森・岩手・宮城・福島に向け電話やメールで連絡を取ろうとした16歳以上の1650名。(実際に通じなかった場合を含む)
- ✓ 男女比は 50:50
- ✓ 年齢構成は、20代以下・30代・40代・50代・60代以上で均等割り各330名
- ✓ 地域別構成は関東・東北・その他で均等割り各550名  
関東・65381・・・東京・神奈川・埼玉・千葉・茨城・群馬・栃木  
東北・65381・・・青森・岩手・秋田・宮城・山形・福島  
その他・・・関東、東北以外の県
- ✓ 4県・65381・・・岩手・宮城・福島・茨城(計402名)

### 2.1.1 3/11 当日の状況

関東・東北地域では、地震発生日の当日に安否確認が取れた利用者は88%を占めていたが、それ以外の地域では3日以上も電話がつながらず連絡の取れなかった利用者が12%もあった。また、最初の連絡相手が家族と回答した利用者は関東・東北地域で80%を占めていたが、それ以外の地域では友人・知人と回答した利用者が36%もあった。また、電話利用者全体の95%の人が安否確認を目的としていた。連絡手段の内訳をみると、携帯での音声通話が58%、携帯メールが23%、固定電話が13%と全体の90%以上を占めていた。ちなみに、地震を自宅で遭遇した方々のうち60歳以上の人は他の年代より20%も多かった。

### 2.1.2 電話について

震災発生当日の電話の輻輳状態は、利用者の40%が相手に全く電話できない状況にあった。これを地域別でみると、東北4県が55%、関東が51%、その他地域で26%の利用者に支障が発生していた。また、繋がりにくさにおいては東北4県>その他東北>関東>その他地域の順で発生していた。そして、利用者の95%が安否確認を目的とし、その60%が被災状況や救援などキメ細かな状況判断ができる音声通話を利用していた。安否確認の所要時間をみると、全体の90%の利用者が3分間と回答し、うち75%の利用者が最低でも2分間必要との回答であった。一方、通信時間制限への賛同者は全体の68%であったが、若年層は比較的反対傾向にあった。また、通話時間を世代別にみると、

高年層ほど短く、若年層ほど長い傾向がみられ、リダイヤルを減らす意識も若年層ほど低いことが分かった。

### 2.1.3 メールについて

携帯メールにおいては、東北4県では29%の人が送信できなかったが、その他地域では31%の人が普段通りの送信接続ができた。

### 2.1.4 災害用伝言サービスについて

災害用伝言サービスの認知度について複数回答を得たところ、サービス自体知らなかった人が、利用者全体の21%もあった。一方、マスメディアの情報で知っていた利用者は73%、行政の公報などで知った利用者は10%、震災当日、電話やメールで対応した人は45%あった。また、このサービスは高齢層では敬遠ぎみの傾向があった。

### 2.1.5 今後の対策方法について

利用者全体の81%の人が災害伝言サービスへの利用を考えている。一方、携帯ツールなど既存の連絡手段を28%の人が通信不全と認めつつ新たな具体策はなしとの回答が大勢であった。

## 2.2 再呼について

通信が輻輳状態となり情報伝達が途絶する環境にあつては、電話が接続するまで通信要求を繰り返す利用者が多発するものと考えられる。2.3.2に示した通り、3/11地震発生直後に全国各地から被災地に向けて電話が集中し繋がらない状態が続いた。激甚災害がひとたび起きると普段電話を余り利用しないスポットユーザーも加わり通信需要は平日に比べ何倍にも増加する。その中でほとんどの利用者は接続制限を受けながらも繰り返し繋がるまで要求する。通信ネットワークではこの行動を再呼と呼び輻輳対策の課題の一つとして注目されてきた。

以降、再呼を考慮した待ち行列モデルとして、高橋先生のモデル[1]を紹介する。

### 2.2.1 高橋モデル

高橋先生のモデルの概念図を下図に示す。

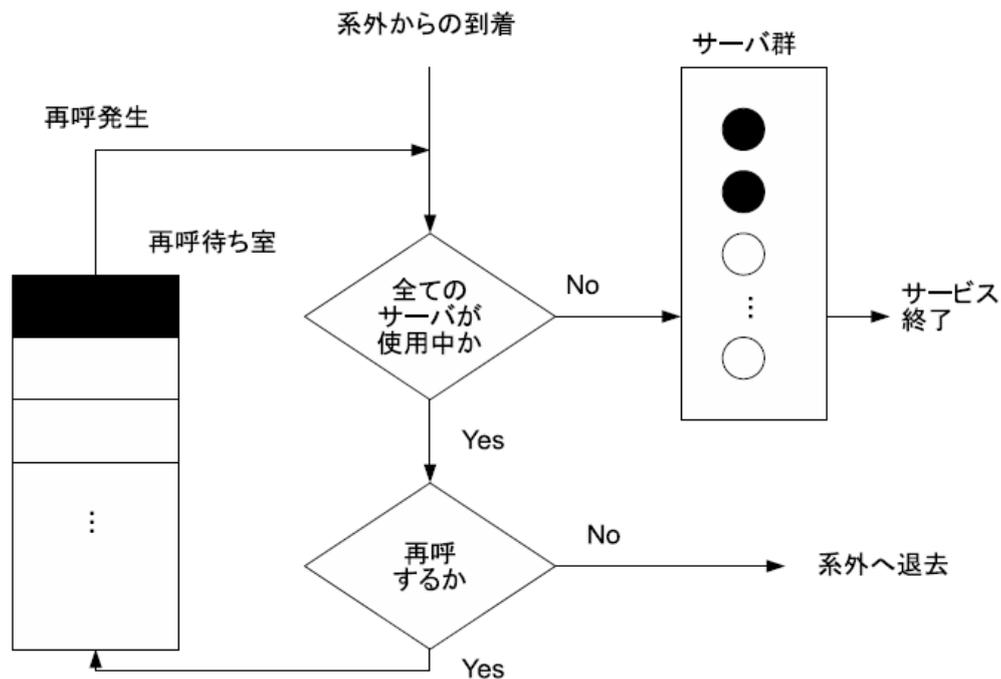


Fig.2.1: モデル図

電話を掛けようとするユーザは図の上方からシステムに到着する。まずサーバ内の通信回線が全て使用中か否かを判定する。もし空き回線があれば(noの場合)、それを使って通信を行う。これがサーバからサービスを受けている状態に当たる。空き回線がない場合(yesの場合)、ユーザは再度通信要求を行う(=再呼を行う)ことになる。

この状況を表現するために再呼待ち室というものを用意する。ユーザは空き回線が無かった場合まず再呼をするかどうかの選択を行う。それがサーバ前の条件分岐部分である。もし再呼しないことを選んだならば、その客は通話を断念し系外へ退去する。再呼することを選択した場合、再呼待ち室へ入る。そして、そこである時間待機した後、再度利用可能なサーバがあるかどうかを調べる(=再呼の発生)。再呼待ち室での待機時間は、再呼を生起するまでにかかる時間を表している。確かに再呼はリダイヤルボタンをワンタッチするような非常に短い時間で生起するが、それでも幾ばくかのタイムラグはある。これを再呼間隔と呼ぶ。すなわち再呼待ち室における待ち時間は再呼間隔を表現するものである。

さらに本モデルでは次のような仮定を導入する。

- ・ 到着した累積の客数は $\lambda$ のポアソン分布に従う
- ・ 各サーバのサービス時間は $\mu$ の指数分布に従う
- ・ 再呼の間隔は客ごとに独立で $\gamma$ の指数分布に従う
- ・ 再呼をするか諦めるかは各回ごとに独立な確率 $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) のベルヌーイ試行である
- ・ サーバの容量を $c$ 、再呼待ち室の容量を $k$  として、どちらも有限であるとする

$k$  が有限であるという仮定は解析の都合上導入したものであるが、実際の計算では待ち室の容量を十分に大きくとることができる。

## 第 3 章

---

### 輻輳時のトラヒックモデル

### 3.1 本研究で対象とする範囲

通信分野では被害状況によって輻輳対策ができない地域がある。そこで本項では本研究で対応できる地域を紹介する。災害発生後の被害程度をS、A、B、Cの4地域に区分する。S: 交換機等の通信設備の損傷が激しく、サービスを提供することができない地域、A: 基地局の損傷等によりサービス提供能力が大幅に減少している地域、B: 平常並みのサービス提供能力が維持されているが、災害によるサービス需要がそれを上回り、輻輳の発生する地域、C: 災害によりサービス需要が増加しているが、地域内でのサービス提供能力の範囲内に収まっている地域。そして本研究では、A地域内部、A地域からB地域、B地域内部、B地域からA地域、C地域からA地域、C地域からB地域を対象とした研究を行う。



Fig.3.1: 3/11 発生後の被害程度のイメージ

### 3.2 輻輳時のトラヒックモデル

災害時にユーザが電話をかけたあとサービスを終了するまでの輻輳時のトラヒックモデルを Fig.3.2 のように仮定した。電話がスムーズに繋がる平常日の通信状況は、まず電話をかけることで「発生トラヒック」が発生し、「発信規制」をうけずに相手に電がつながる。そして、用件が終了することで電話を切るというイメージである。

しかし、災害時の輻輳状態では、通常、電話利用者の約 90%が発信制限にブロックされて相手に繋がらなかったケース (a)、発信制限は免れたが相手が通話中か電話が混み合って通話に至らなかったケース (b)、電話は一旦繋がったが通信時間制限などにより通話中に切断され満足できる会話ができなかったケース (c)、そして、これら3つの通信サービスに満足出来なかった利用者は、電話がつながるまでかけ直す、いわゆる「再呼モデル」に至ると考えられる。

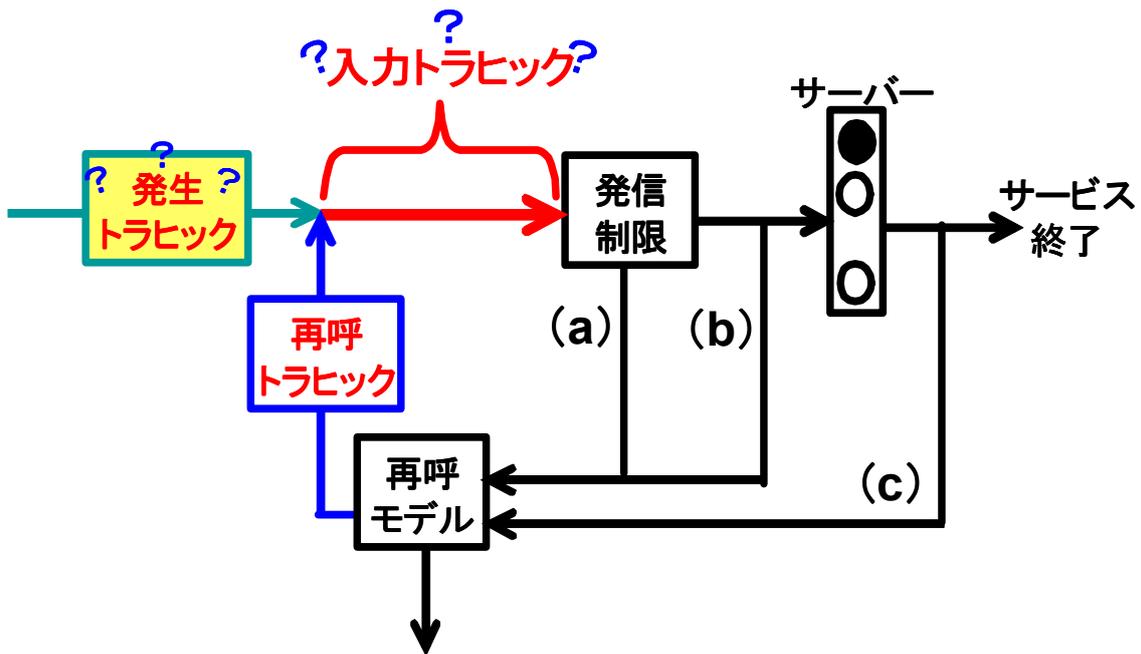


Fig.3.2: 輻輳時のトラヒックモデル

### 3.3 トラヒック量と時刻の関係

次に、2.1 で述べた災害時のトラヒックモデルの入カトラヒックを時刻とトラヒック量の関係において Fig.2.2 のように仮定した。普段から電話をよくかけている人のトラヒック量を $\lambda$ とし、地震発生後の入力トラヒックを以下の3つのタイプに分類した。

普段から電話をよくかけている相手に対し（週に1回程度）最初に電話をかけたときの「発生トラヒック」は、地震が発生した時間帯に一時的に電話が集中するものの、その後も自身の状況説明や情報共有のため時間帯に関係なく何度も電話するものと推測した。よって平日発生している同じ時間帯のトラヒック推移に一定幅で増加するものと仮定し、そのケースをタイプ1と置いた。

次に、普段からあまり電話はかけないが、安否確認を目的に最初に電話をかけたときの「発生トラヒック」は、地震が発生した時間帯に大体電話が集中するものと推測した。よって地震発生直後には電話が集中するが、その後のトラヒック量は急激に減少し、時間が立つとともにタイプ1に収束されるものと仮定し、そのケースをタイプ2と置いた。

最後に、タイプ1とタイプ2で2回目以降電話をかけたときの「再呼トラヒック」は地震発生後は電話が集中するがその後、時間が立つにつれてトラヒックは徐々に減少するものと仮定し、それをタイプ3と置いた。

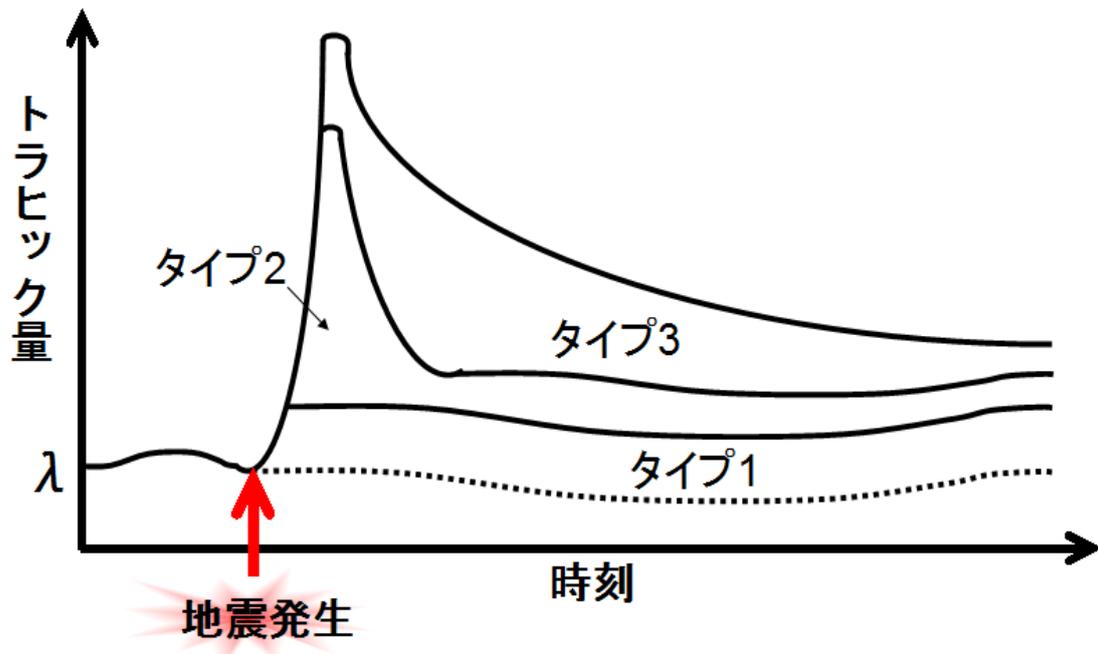


Fig.3.3: トラヒック量と時刻の関係

### 3.4 平日と3/11のトラヒック比

3.3で述べた、3/11に発生したトラヒック量と平日との比較を3.4で紹介する。

#### 3.4.1 固定電話

固定電話のトラヒック比を式(1) [11][12]より求めることにした。

$$\text{固定電話のトラヒック比} = \frac{\text{NTT東日本による3/11の電話トラヒック}}{\text{NTT西日本とNTT東日本による平常時の電話トラヒック}} \cdots (1)$$

式(1)の結果を下図に示す。これによると、15時台が電話が最多となり、16時以降は指数分布的に3.5倍に収束していることが見て取れる。

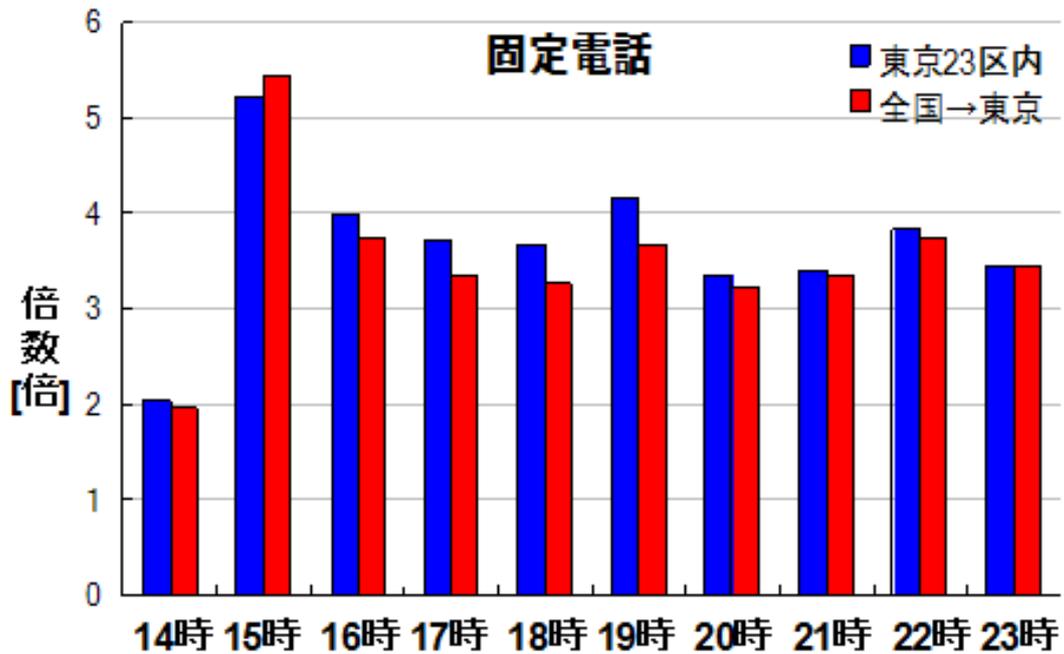


Fig.3.4: 固定電話における平日と3/11のトラヒック比

3.4.2 携帯電話

携帯電話のトラヒック比を式 (2) [13][14][15]より求めた。

$$\text{携帯電話のトラヒック比} = \frac{\text{携帯電話各社による 3/11の電話トラヒック}}{\text{携帯電話各社による 3/4の電話トラヒック}} \dots (2)$$

式 (2) の結果を下図に示す。これによると、15 時台が電話が最多となり、16 時以降は au を除いて指数分布的に 4.5 倍に収束していることが見て取れる。

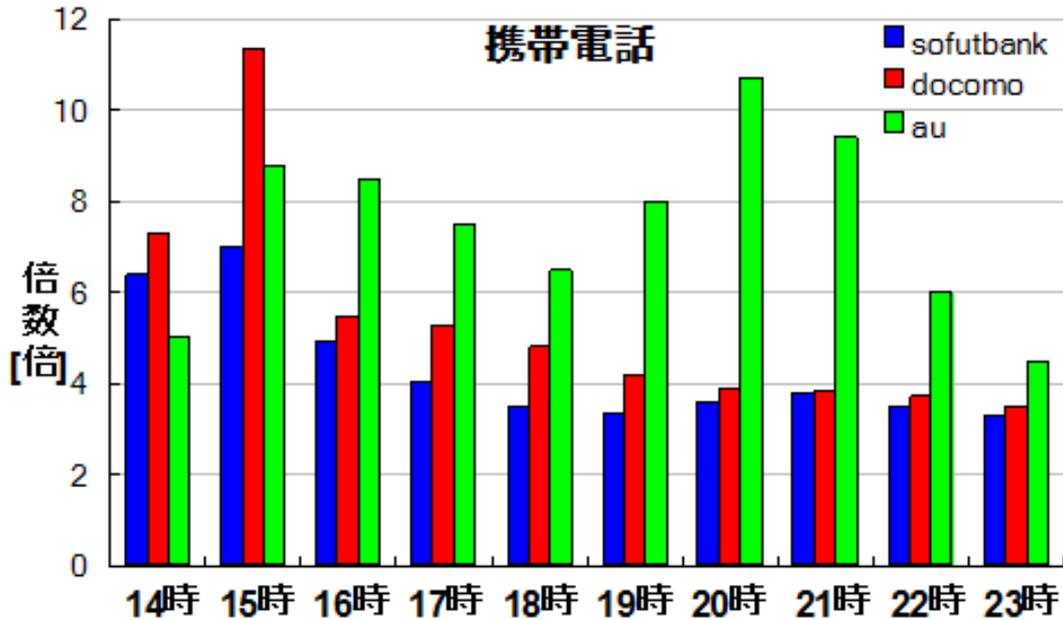


Fig.3.5: 携帯電話における平日と 3/11 のトラヒック比

この結果より、au は docomo や softbank と違って 3/11 の電話トラヒックが 15 時台より 20 時台のほうが増加しているため、トラヒック比もこれに伴って異なる結果となった。

## 第 4 章

---

# 東日本大震災における通信手段 に関するアンケート調査

#### 4.1 本研究で実施したアンケート調査

災害時における通信手段に関する研究について、東京大学工学系等安全衛生管理室から承認を受けました。審査番号は 11-43 で、承認番号は KE11-34 である。

本研究では入力トラヒックの実態調査に合わせて、3/11 当日の固定電話、携帯電話、スマートフォンのユーザの利用状況について独自のアンケート調査を行った。

本調査の目的は東日本大震災の発生当日、14:46 から 24:00 までの時間帯において、東京 23 区内の地域内に居合わせ、固定電話、携帯電話、スマートフォンによる音声通話を利用した 10 代～60 代までの不特定多数の男女を対象に Web によるアンケートを実施した。調査時期は、2011 年 11 月 11 日～2011 年 11 月 13 日、サンプル数は約 100 名、株式会社 ボーダーズの協力を得て、3/11 当時の状況をまとめることが出来た。なお、年齢構成や性別比などは実際の人口分布に合わせてマッピングを行った。

#### 4.2 3/11 の連絡手段に関するアンケート結果

3/11 に使用した連絡手段は、総務省のアンケート調査共に、約 9 割が携帯電話か固定電話の音声通話または携帯メールで占めていた。一方、災害伝言ダイヤルなど、電話会社が提供するサービスの利用者は少数であることがわかった。また 3/11 に一番役に立った連絡手段も使用した連絡手段と同様の結果を得ることができた。一方、利用した連絡手段に対する満足度については、利用者の半数近くの 48%の方々が、どの連絡手段に対しても不満を抱いていたことが判明した。

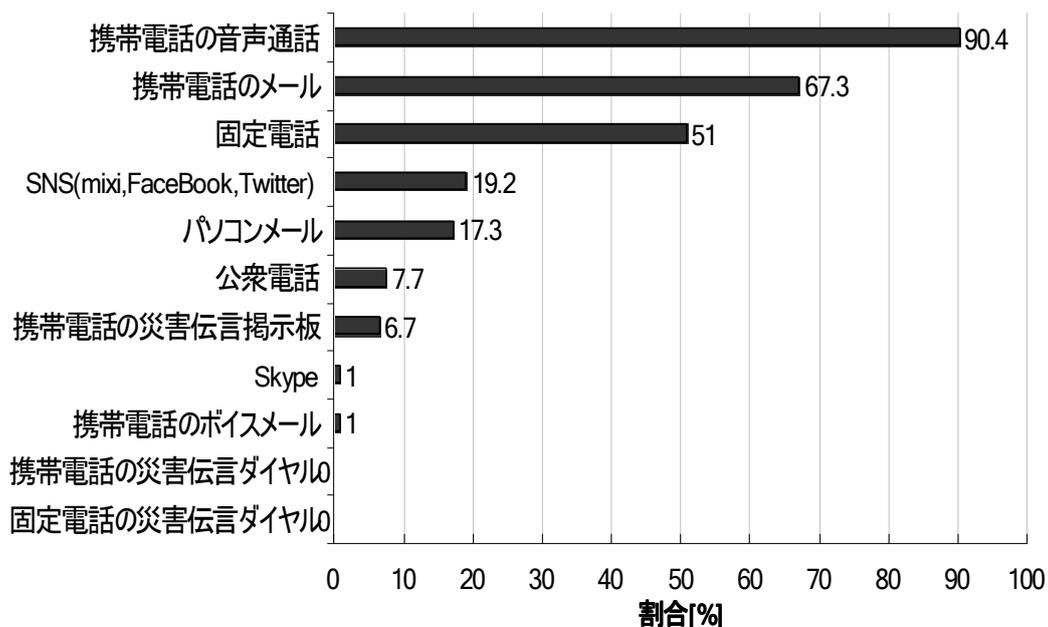


Fig.4.1: 3/11 に使用した連絡手段

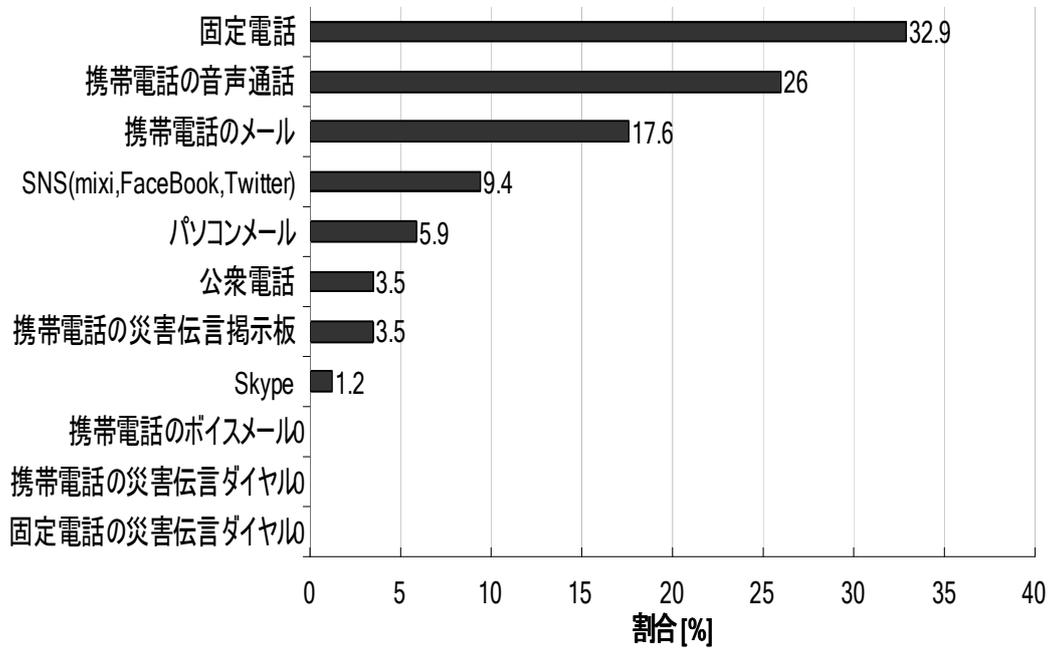


Fig.4.2: 3/11 に一番役に立った連絡手段

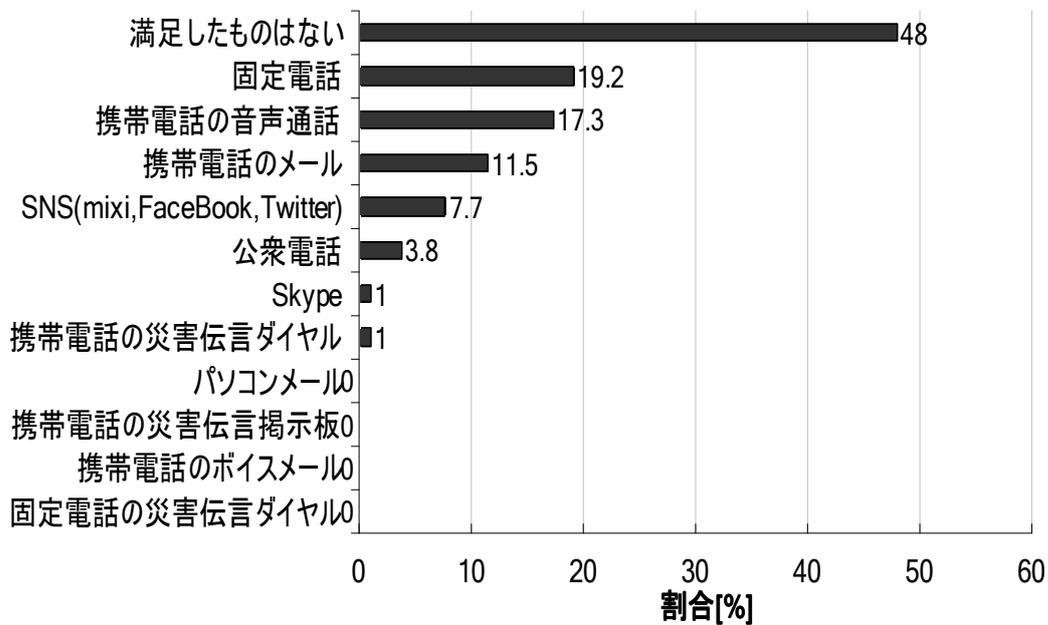


Fig.4.3: 使用した連絡手段の満足度

### 4.3 タイプ1、タイプ2、タイプ3についてのアンケート調査

#### 4.3.1 質問内容

本研究で独自に実施したタイプ1、タイプ2、タイプ3についての質問内容を以下に示す。仕事・私用など普段よく電話をかけている相手と普段は用事がなくほとんど電話をしない相手に層別し、自分の固定電話から相手の固定電話、自分の固定電話から相手の携帯電話、自分の携帯電話から相手の固定電話、自分の携帯電話から相手の携帯電話、全4パターンについて質問を行った。

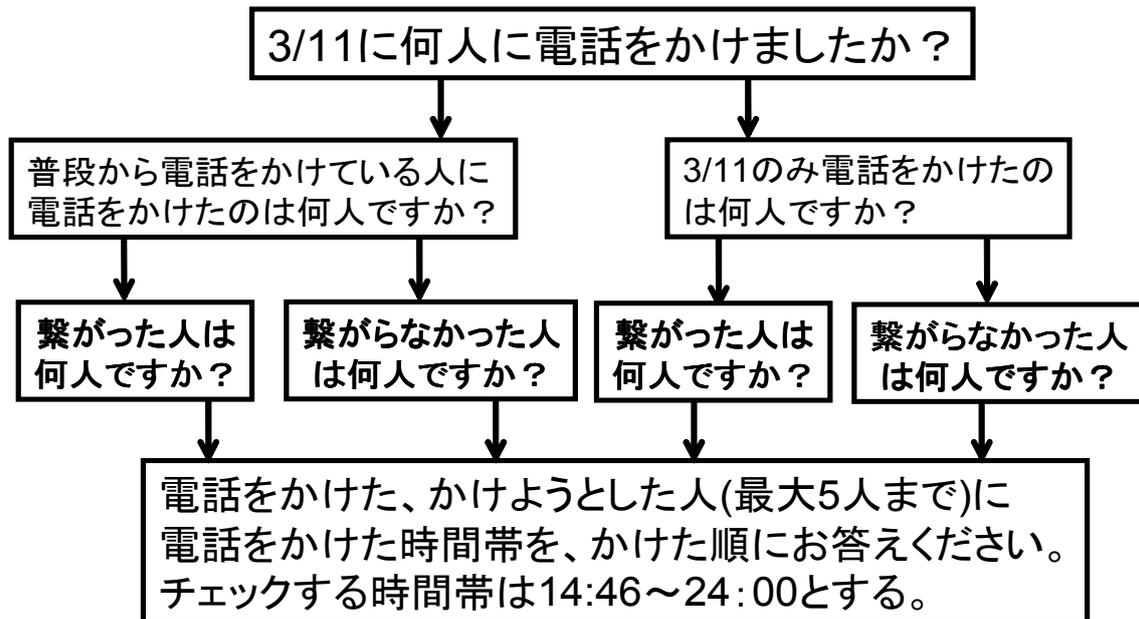


Fig.4.4: アンケート内容

以下に実際のwebアンケート例を示す。14:46~24:00以降を30分間隔としチェックボックスへの入力形式にした。この集計により発生時刻とトラフィック量の実態を把握した。

普段から連絡している人(週1回以上)で電話がつながった人についてお伺いします。

	1 人 目	2 人 目	3 人 目	4 人 目	5 人 目
	↓	↓	↓	↓	↓
地震直後14:46頃	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15:00～	<input type="checkbox"/>				
15:30～	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16:00～	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16:30～	<input type="checkbox"/>				
17:00～	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17:30～	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18:00～	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18:30～	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19:00～	<input type="checkbox"/>				
19:30～	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20:00～	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20:30～	<input type="checkbox"/>				
21:00～	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21:30～	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22:00～	<input type="checkbox"/>				
22:30～	<input type="checkbox"/>				
23:00～	<input type="checkbox"/>				
23:30～	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24:00以降	<input type="checkbox"/>				

Fig.4.5: Webのアンケート例

#### 4.3.2 3/11の地震速報、交通状況

このアンケート調査の実施は震災発生後半年以上も経過していたため、当時の地震速報や社会インフラなど混乱状態を時系列に付記することで回答者への記憶の喚起とアンケート結果の精度向上を目指した。

**【ご参考】東日本大震災が発生した3月11日の状況は下記の通りです。**

■震災時地震速報・津波警報

14時46分頃 :地震発生

14時49分 :M7.9(気象庁マグニチュード:速報値)

15時33分 :北海道・一部東北地方・一部関東地域に大津波警報

16時00分 :M8.4(気象庁マグニチュード:暫定値)

16時08分 :北海道・一部東北地方・一部関東地域に大津波警報

17時30分 :M8.8(モーメントマグニチュード)

Fig.4.6: 3/11の地震速報の例

### 4.3.3 アンケートとタイプの対応

4.2.1の普段よく電話をかけている相手に対し、電話が繋がったケースあるいは繋がらなかったケース如何に関わらず、初めて電話をかけた時刻を「タイプ1」として集計した。また同じ相手先に2度目3度目と繰り返し電話をかけた夫々の時刻をタイプ1の再呼と判定し「タイプ3」として集計した。次に普段は用事がなく殆ど電話をしない相手に対し、電話が繋がったケースあるいは繋がらなかったケース如何に関わらず、初めて電話をかけた時刻を「タイプ2」として集計した、また同じ相手先に2度目3度目と繰り返し電話をかけた夫々の時刻をタイプ2の再呼と判定し、「タイプ3」として集計した。

#### 4.3.3.1 タイプ1のアンケート結果

時刻と呼数の関係を以下グラフチャートに示した。これによると、14時～15時台の電話が最多で、16時以降は指数分布的に収束する傾向があることがわかった。また、時刻と呼数の関係のみでは震災当日の電話の増加量を把握することができないため、平日のトラヒック量を調査し比較することとした。

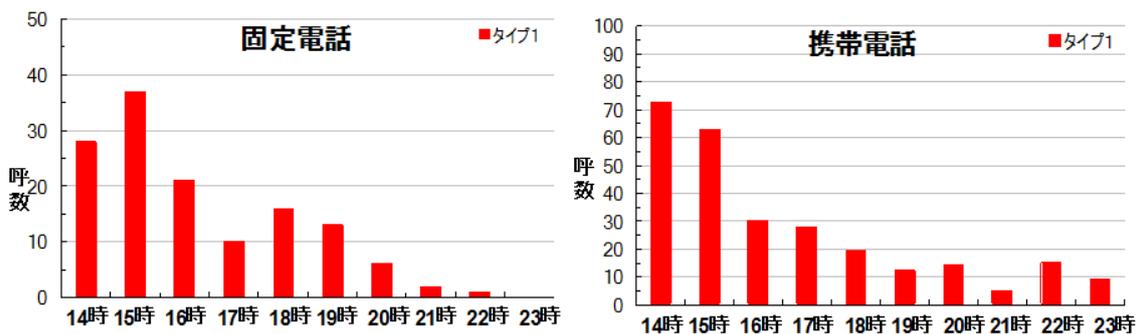


Fig.4.7: タイプ1における時刻と呼数の関係

下記以降に、時刻と比率のプロット方法を説明する。式(3)から、その関係を導き出す。

$$\text{比率} = \frac{3/11 \text{に1人あたり何時に何回、電話をかけたか?}}{\text{平日、1人あたり何時に何回、電話をかけたか?}} \dots (3)$$

式(3)の3/11のデータはアンケート結果から、平日のデータは総務省資料[12]から導く。

また、式(3)の分母については式(4)から導く。

$$\text{式(3)分母} = \text{平日の1日あたりの通信回数} \times \text{時間帯別通信比率} \dots (4)$$

式（4）の平日の1日あたりの通信回数は以下の表より知ることが出来る。

発信	平成21年度
固定電話	1.7回
携帯電話	1.4回

Table.4.1: 平日の1契約1日あたりの通信回数

また、式（4）の時間帯別通信比率は、以下の表より時間帯別に全体の何割が電話をかけたか知ることが出来る。ちなみに、全通信回数は固定電話で32,708百万回、携帯電話で62,485百万回となる。

時間帯	固定電話[%]	携帯電話[%]
14時～15時	7.6	6.3
15時～16時	7.7	6.8
16時～17時	8.0	7.5
17時～18時	7.5	8.8
18時～19時	5.8	8.1
19時～20時	4.6	6.5
20時～21時	3.3	5.0
21時～22時	1.9	3.8
22時～23時	1.1	2.7
23時～24時	0.8	1.9
0時～1時	0.6	1.2

Table.4.2: 時間帯別通信比率

以上の結果より、タイプ1の時刻と比率の関係を下図に示した。これによると、14時、15時台のトラヒック比は多く、16時台以降は指数分布的に減少し、夜間にかけて再び増加傾向にあることがわかった。24時台の増加は、運休していた鉄道の運転再開により自宅に戻った人が電話したのでないかと考えられ、平日トラヒックとの比較でタイプ1の特徴をとらえることにした。

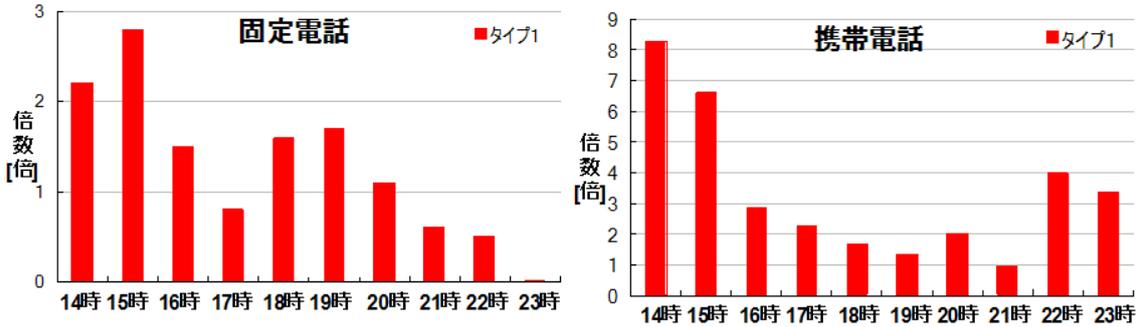


Fig.4.8: タイプ1における時刻と比率の関係

#### 4.3.3.2 タイプ2のアンケート結果

時刻と呼数の関係を下図に示した。これによると、15時台のトラヒック比が多く、16時以降は減少する傾向があることがわかった。タイプ2は普段ほとんど電話利用のない人を対象としているため時刻と呼数の関係のみで特徴をとらえることにした。

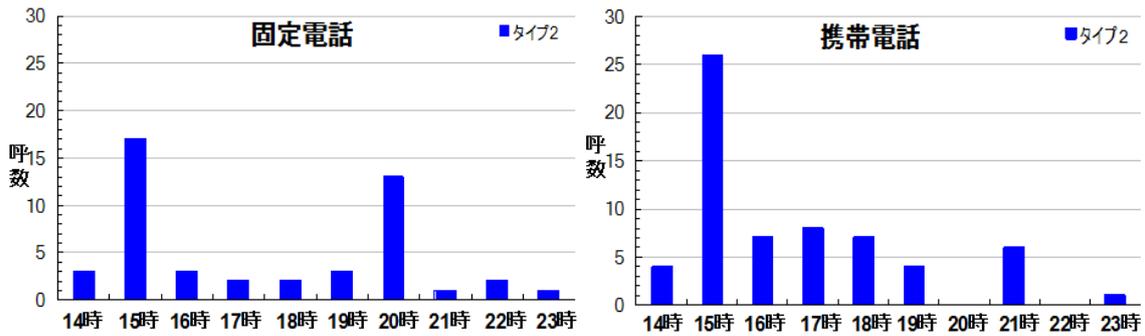


Fig.4.9: タイプ2における時刻と呼数の関係

#### 4.3.3.3 タイプ3のアンケート結果

時刻と呼数の関係を下図に示した。これによると、15時、16時台に電話が多く、その後は時間とともに減少傾向をたどることがわかり再呼の特徴をとらえることができた。

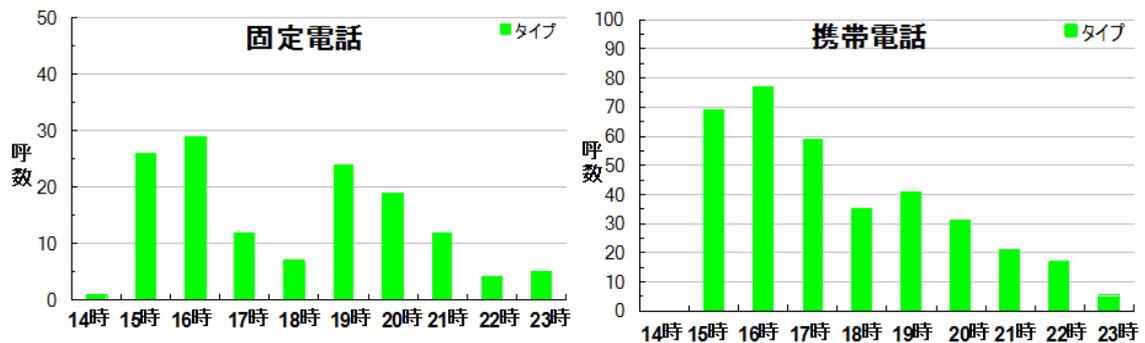


Fig.4.10: タイプ3における時刻と呼数の関係

## 第 5 章

---

# VisualSLAM を用いたシミュレーション によるトラヒックモデルの検討

## 5.1 シミュレーション内容

### 5.1.1 シミュレーション説明

そして Fig.5.1 のブロック図を Visual SLAM 上で作成すると、下図のようになる。

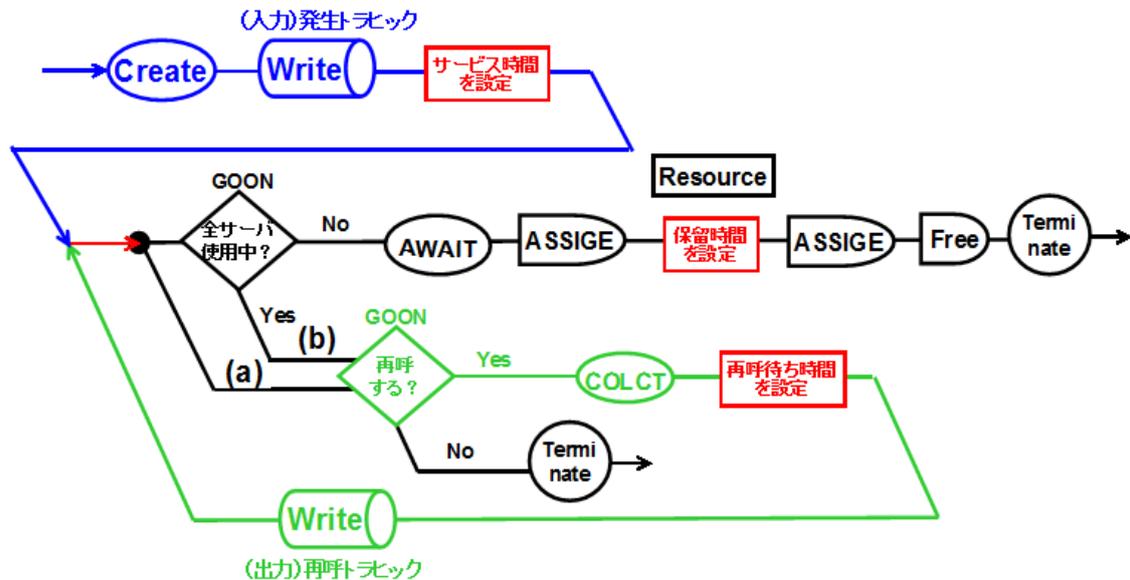


Fig.5.1: ネットワーク図

呼は Create ノードから  $\frac{15分}{発生トラフィック}$  間隔に 1 呼システムに入る。発生した呼の時刻と

呼数の関係（発生トラフィック）を Write ノードで外部ファイルに出力する。アクティビティは呼がサービスを受ける時間の遅延をモデル化する。

そして、システムに入った呼が発信規制にブロックされた呼(a)は再呼の是非を選択する。一方発信制限を免れた呼はサーバの全てが使用中でなければ通常のサービスを受け、全サーバが使用中であれば(b)再呼の是非を選択するモデルを作成した。GOON ノードはこの「全サーバが使用中か？」または「再呼するか？」などの分岐をモデル化する。

Fig.5.2 内の(a)と(b)で再呼しないことを選択した呼は、Terminate ノードでモデルから消滅する。

一方、再呼することを選択した呼（このときの再呼確率を  $s\%$  ( $s$  は変数) と設定する。)は、アクティビティで設定した再呼待ち時間分だけ再呼待ちする。そのときの呼の時刻と呼数の関係（再呼トラフィック）と再呼待ち人数を Write ノードで出力する。また、再呼待ちするまでに呼が到着した時間間隔を COLCT ノードで観測する。

ちなみに、呼の発生時に元々サーバに空きがあった場合、保留状態のモデル化が必要になる。ある呼は AWAIT ノードでサーバが使えるまで待機している。その間、別の呼

は電話を開始し、設定した時間に話をすませて電話を終了する。この電話の開始と終了を ASSIGE ノードで表現している。そして、電話が終了したと同時に、AWAIT ノードで待機していた呼は Free ノードによって開放され、Terminate ノードでモデルから消滅する。Resource ブロックでサーバ数を設定した[18][19]。

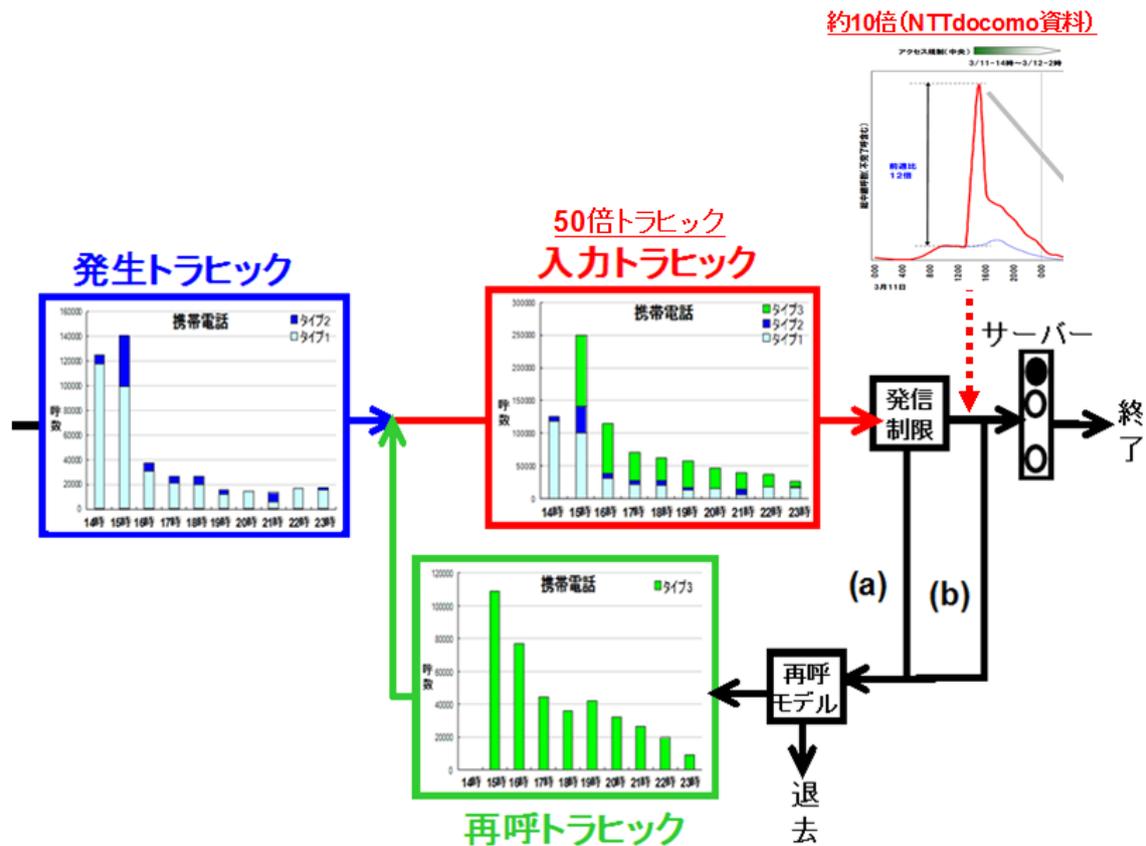
本モデルは 15 分間隔ごとに異なる呼数を発生させているため、15 分後毎に呼をリセットするよう設定した。ちなみに本項では、同じ相手に 2 回以上電話した場合を再呼トラヒックとしてカウントし、異なる相手に電話をかけた場合は発生トラヒックとしてカウントすることにした。

### 5.1.2 シミュレーション目標

#### (1) 入力トラヒック

「発生トラヒック」と再呼モデルによる「再呼トラヒック」から Fig.5.2、Fig.5.3 のような「入力トラヒック」を得られるような再呼モデルを作成する。

#### 携帯電話



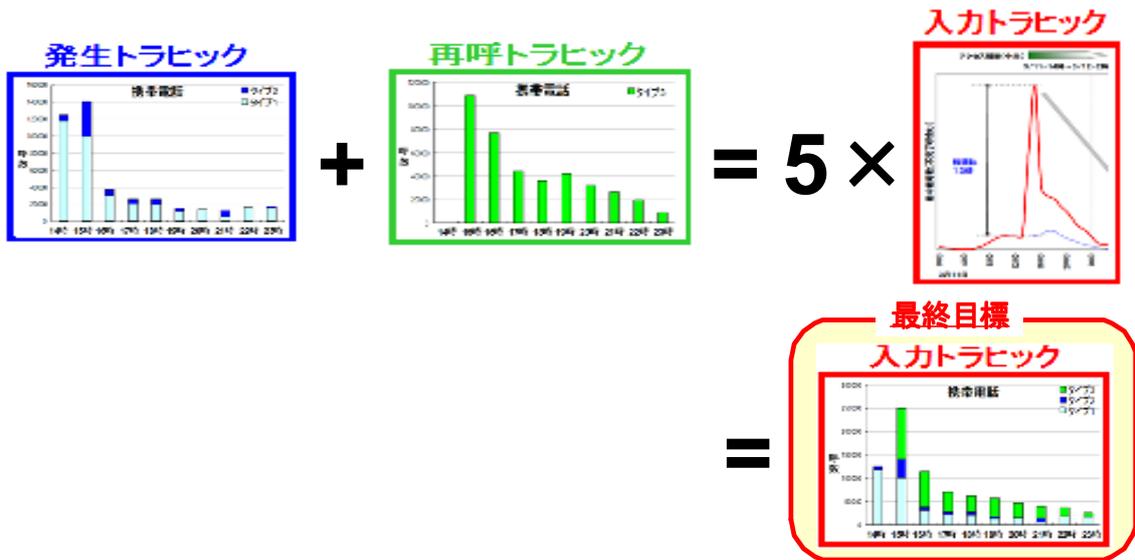


Fig.5.2: 携帯電話における発生トラヒックと再呼トラヒックの関係

固定電話

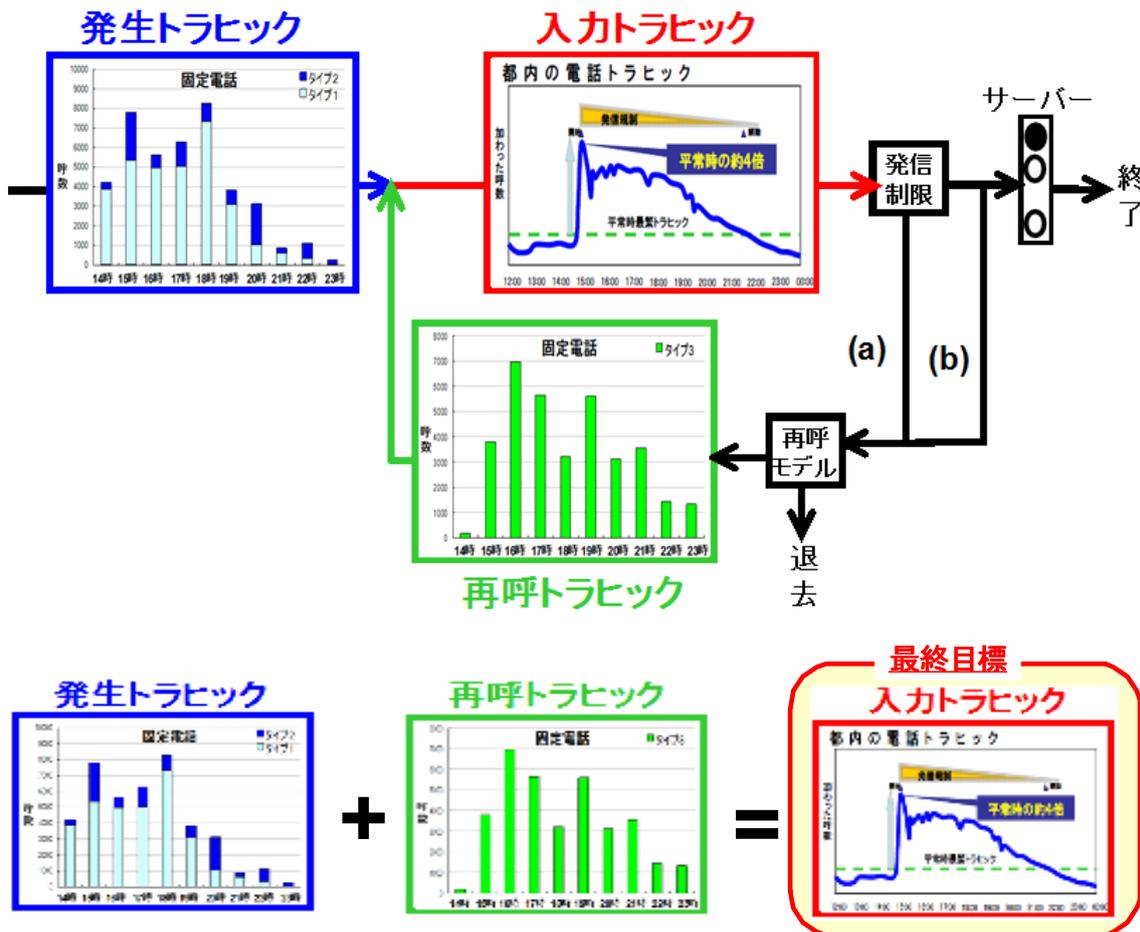


Fig.5.3: 固定電話における発生トラヒックと再呼トラヒックの関係

再呼確率、再呼待ち時間、サーバ数を変化させたときの「入力トラヒック」が Fig.5.2、Fig.5.3 の最終目標に一番近いものを 3/11 のユーザの再呼行動に最もふさわしいモデルとする。

(2) 発生トラヒックと再呼トラヒックの比率

(3) 再呼待ち人数

再呼待ち人数は Write ノードで外部ファイルに出力したものを最終結果とした。

(4) 再呼間隔時間

これについては VisualSLAM の以下の結果から観測する。

Label	Mean Value	Standard Deviation	Number of Observations	Minimum Value	Maximum Value
RetrialsTime	0.079	0.078	7576	0.000	0.792

Fig.5.4: 再呼待ち間隔時間表示

ラベルの算出方法は以下のようにになっている。

Label : COLCT ノードで指定した識別名

Mean Value : 平均値 =  $\frac{\sum \text{観測値の値}}{\text{観測回数}}$

Standard Deviation : 標準偏差 =  $\sqrt{\frac{\sum (\text{観測値の値} - \text{平均値})^2}{\text{観測回数}}}$

Number of Observation : 観測回数

Minimum Value : 観測された値の最小値

Maximum Value : 観測された値の最大値

### 5.1.3 発生トラヒック

それでは、時間帯別の発生トラヒックの算出方法について説明する。

#### 携帯電話の発生トラヒック

3/11 の NTTdocomo、東京 23 区内の電話トラヒック資料[8]を元に各時間帯における入力トラヒックを算出した。具体的には資料[8]の平常最繁トラヒックを 4171 呼[12]とし、15:00 台がその約 10 倍ということに基づいて他の時間帯の発信制限後の入力トラヒック量を算出した。ここで 1.1 より、発信制限後の入力トラヒック×5 倍=発信制限前の入力トラヒック置いた。

また発生トラヒックは、固定電話と同様の方法で算出した。

また 14:00~14:45 までの発生トラヒックは平日として算出した。

平日の 14:00 台のトラヒック数は 3963 呼[12]より約 2973 呼 ( $3963 \text{呼} \times \frac{45 \text{分}}{60 \text{分}}$ ) とした。

### 固定電話の発生トラヒック

3/11 の NTT 東日本、東京 23 区内の電話トラヒック資料[7]を元に各時間帯における入力トラヒックを算出した。具体的には資料[7]の平常時最繁トラヒックを 3146 呼[12]とし、15:00 台がその 4 倍ということに基づき他の時間帯の入力トラヒック量を算出した。

また発生トラヒックは、アンケート調査の平日と 3/11 におけるタイプ 1+タイプ 2 の時刻と比率の関係から算出したがサンプル数が約 100 と少なく、時間とともに指数分布的に減少する資料[7]のトラヒック数を取得できない場合があった。このような不確実性を考慮し地震発生の 14:45 分以降は多少の調整を行った。

また 14:00~14:45 までの発生トラヒックは平日として算出した。

平日の 14:00 台のトラヒック数は 2498 呼[12]より約 1874 呼 ( $2498\text{呼} \times \frac{45\text{分}}{60\text{分}}$ ) とした。

#### 5.1.4 アンケート結果

4 章で実施したアンケート調査で判明した、再呼確率、再呼までの時間、再呼待ち時間を以下に示す。

- ✓ 再呼確率：固定約 30%、携帯約 60%

これは、3/11 に 2 回以降電話した人数から割り出した。ちなみに、3/11 に 1 回でも電話した人数は固定、携帯共に、約 50%となった。

- ✓ 再呼待ち時間：固定、携帯ともに 30 分から 1 時間ごと

- ✓ 再呼待ち人数：固定約 5%、携帯約 15%

これは電話が繋がらない、かつ、2 回以上電話をかけた人数から割り出した。

## 5.2 シミュレーション条件

本項では、4章で述べた入力トラフィックの特徴を用いて、2.1の輻輳時のトラフィックモデルを再現し、2.5で説明した高橋モデルに沿って再呼モデルの検討を行った。またシミュレータには(株)構造計画研究所のVisual SLAMを使用した。シミュレーションのブロック図とシミュレーション条件を以下に示す。

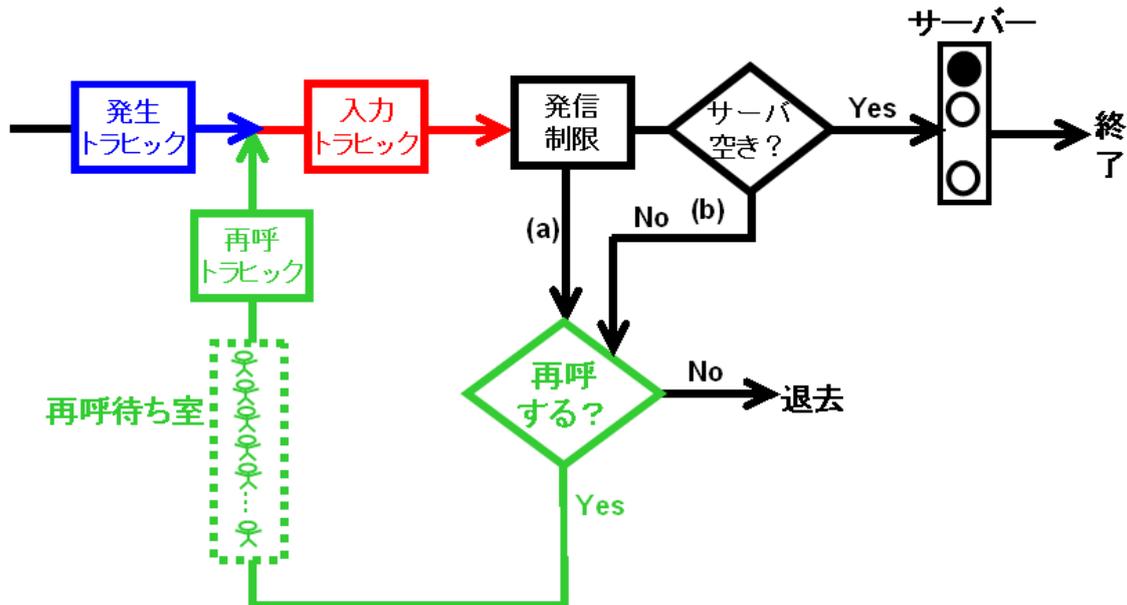


Fig.5.5: シミュレーションのブロック図

### 5.2.1 携帯電話について

- ✓ シミュレーション時間：14時～24時までの600分
- ✓ シミュレーション規模：

携帯電話の最繁時（17:00～18:00）のトラフィック数は1年間で5487,000,000人となり、1日の最繁時のトラフィック数は8,619,178呼（ $\div 365$ 日）となる。

本研究で5487呼として考えた場合、 $\frac{1}{2739}$ 倍（ $\div 5487$ ）の規模でシミュレーションをすることになる。これはを国民全体（127,450,460人）で言うと、人口46,531人（ $\div 2739$ ）を対象としたシミュレーションをすることになる。

- ✓ サーバ数：343台

携帯電話のサーバ数は最繁時（17:00～18:00）のトラフィック数は5487呼の1.5倍となる。そして、この時の通話時間は約13717.5分（ $\div 5487 \times 2.5$ 分（1契約1回の通話時間を2.5分で計算する））となる。つまり、この1時間で約229台（ $\div 60$ 分）のサーバを使用していることになる。結果、全サーバ数はこの1.5

倍なので約 343 台（≒約 229×1.5 倍）となる。

✓ 発信規制：80%

関東では最大 80%の発信規制が実施された。3/16 の午後でも最大 50%の規制が行われたという報告があった[17]。

✓ サービス時間：時間帯別に変化

総務省の資料[16]に従い、1 時間毎にサービス時間を変化させた。  
変化内容を以下に記載する。

14:00～15:00、15:00～16:00→130 秒の指数分布

16:00～17:00→160 秒の指数分布、17:00～18:00→180 秒の指数分布、

18:00～19:00→200 秒の指数分布、19:00～20:00→225 秒の指数分布、

20:00～21:00→250 秒の指数分布、21:00～22:00→270 秒の指数分布、

22:00～23:00→300 秒の指数分布、23:00～24:00→310 秒の指数分布。

✓ 再呼待ち時間：60 分の指数分布

### 5.2.2 固定電話について

✓ シミュレーション時間：14 時～24 時までの 600 分

✓ シミュレーション規模：

固定電話の最繁時（10:00～11:00）のトラフィック数は 1 年間で 3146,000,000 人となり、1 日の最繁時のトラフィック数は 8,619,178 呼（≒3146,000,000÷365 日）となる。

本研究で 3146 呼として考えた場合、 $\frac{1}{2739}$  倍（≒8,619,178÷3146）の規模でシミュレーションをすることになる。これはを国民全体（127,450,460 人）で言うと、人口 46,531 人（≒127,450,460÷2739）を対象としたシミュレーションをすることになる。

✓ サーバ数：262 台

固定電話のサーバ数は最繁時（10:00～11:00）のトラフィック数は 3146 呼の 2 倍となる。そして、この時の通話時間は約 7865 分（≒約 3146×2.5 分（1 契約 1 回の通話時間を 2.5 分で計算する））となる。つまり、この 1 時間で約 131 台（≒約 7865÷60 分）のサーバを使用していることになる。結果、全サーバ数はこの 2 倍なので約 262 台（≒約 131×2 倍）となる。

✓ 発信規制：時間帯別に変化

全国で最大 80%～90%の発信規制が実施され、関東では 3/1122:00 に解除されたことを受け、以下のように設定した。

14:00～14:45→発信規制なし、14:45～17:30→80%の発信規制

17:30～19:30→70%の発信規制、19:30～22:00→60%の発信規制、

22:00～24:00→発信規制解除。

- ✓ サービス時間：2.5 分の指数分布  
3/11 当日は普段と変わらなかったため、総務省の資料[12]に従って設定した。
- ✓ 再呼待ち時間：時間帯別に変化  
固定電話と携帯電話では待ち時間は異なるものと判断し、  
以下のように設定した。  
14:00～14:45→1 時間の指数分布、14:45～16:00→20 分の指数分布、  
16:00～20:00→30 分の指数分布、20:00～22:00→1 時間の指数分布、  
22:00～24:00→2 時間の指数分布。

### 5.3 携帯電話のシミュレーション結果

#### 5.3.1 再呼確率変化させたとき

ここでは再呼待ち時間 60 分の指数分布再呼確率 10%→20%→30%→40%→60%に変化させたときのシミュレーションを行う。このときの (1) (2) (3) の結果を以下に示す。

##### (1) 入力トラフィックの結果

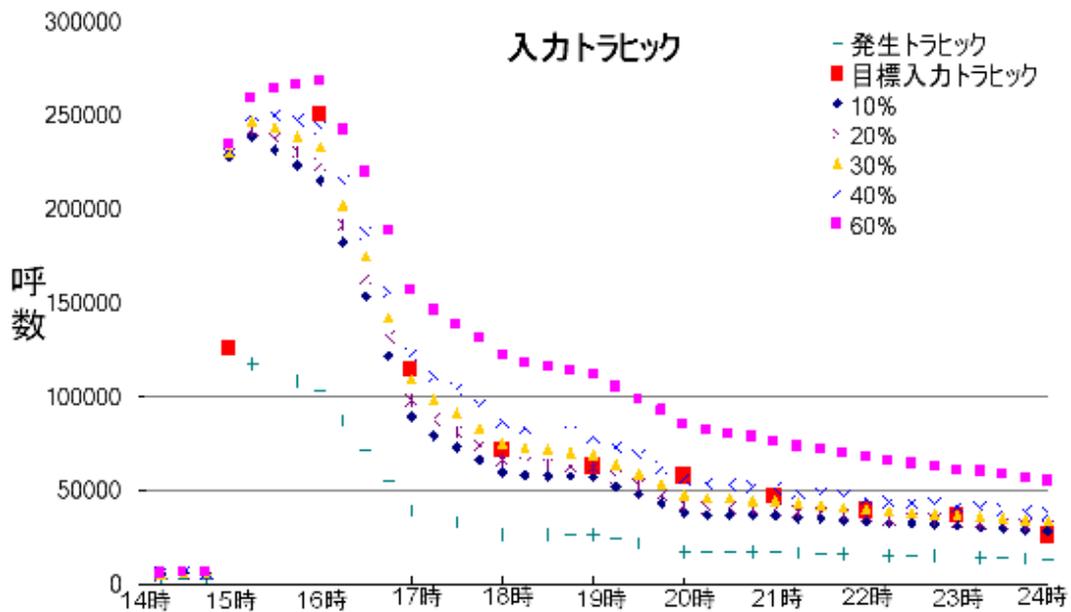


Fig.5.6: 再呼確率による入力トラフィックの結果

(2) 発生トラヒックと再呼トラヒックの比率

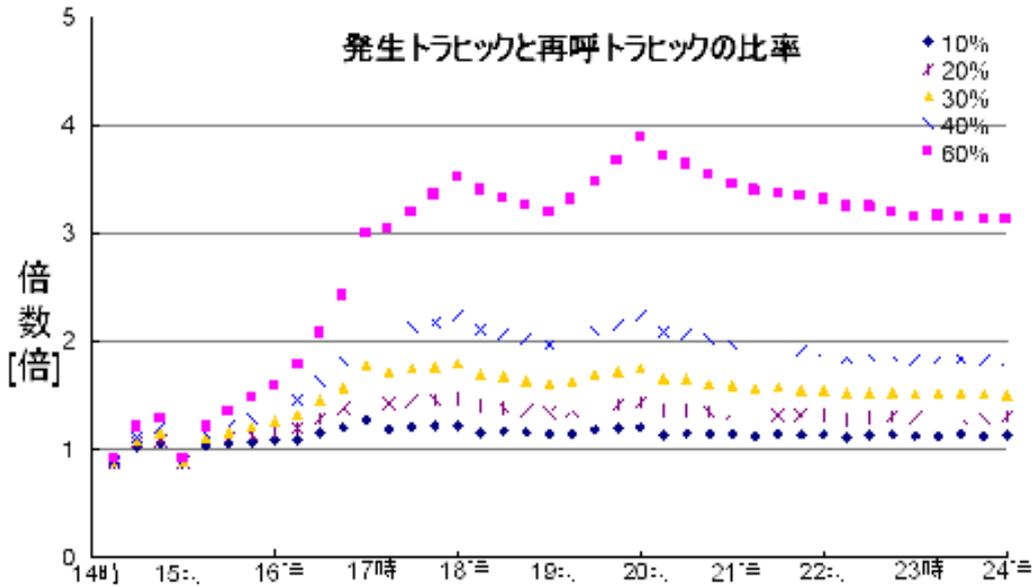


Fig.5.7: 再呼確率による発生トラヒックと再呼トラヒックの比率

(3) 再呼待ち人数の結果

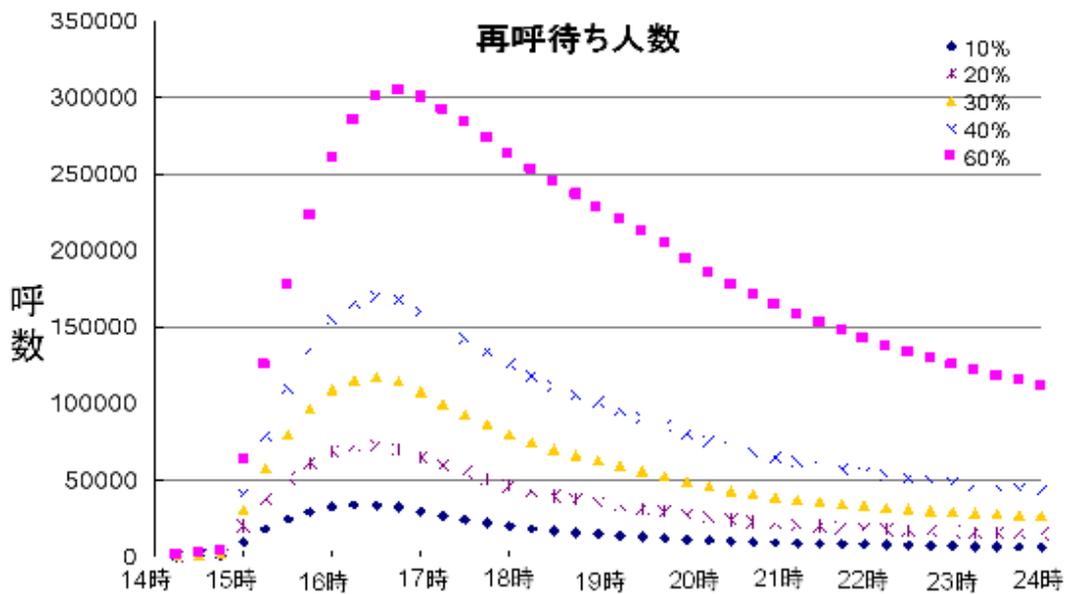


Fig.5.8: 再呼確率による再呼待ち人数の結果

### 5.3.2 再呼待ち時間を変化させたとき

ここでは再呼確率 30%、再呼待ち時間 1分→5分→10分→20分→30分→60分→120分（指数分布）に変化させたときのシミュレーションを行う。このときの (1) (2) (3) の結果を以下に示す。

#### (1) 入力トラヒックの結果

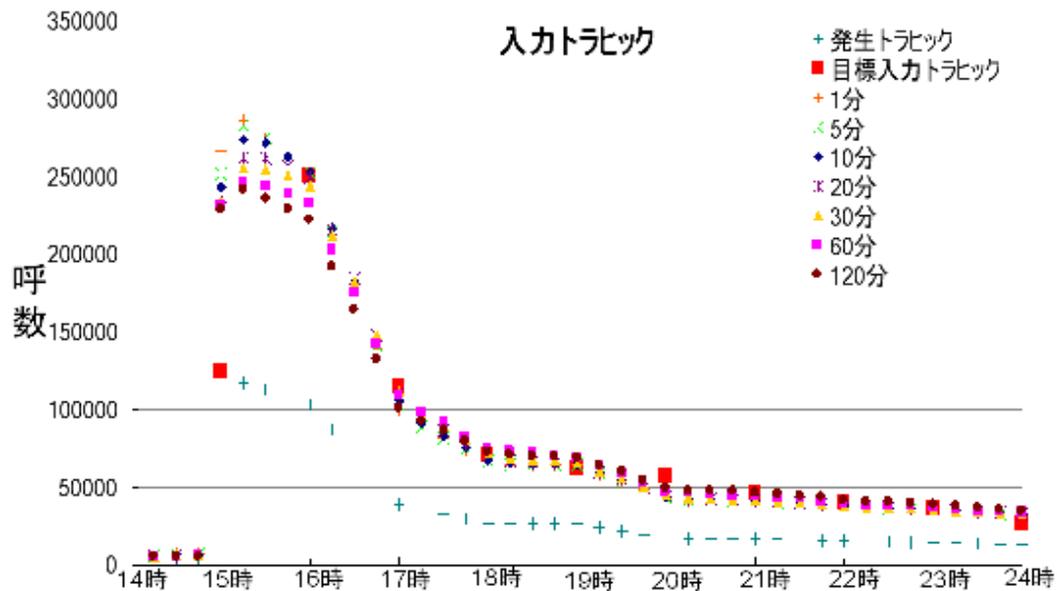


Fig.5.9: 再呼待ち時間による入力トラヒックの結果

#### (2) 発生トラヒックと再呼トラヒックの比率

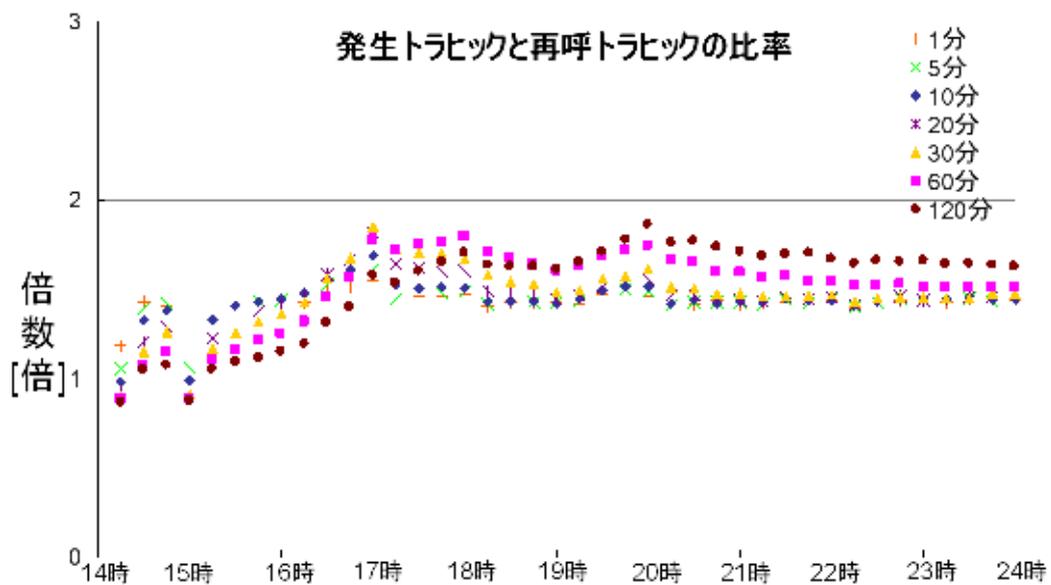


Fig.5.10: 再呼待ち時間による発生トラヒックと再呼トラヒックの比率

(3) 再呼待ち人数の結果

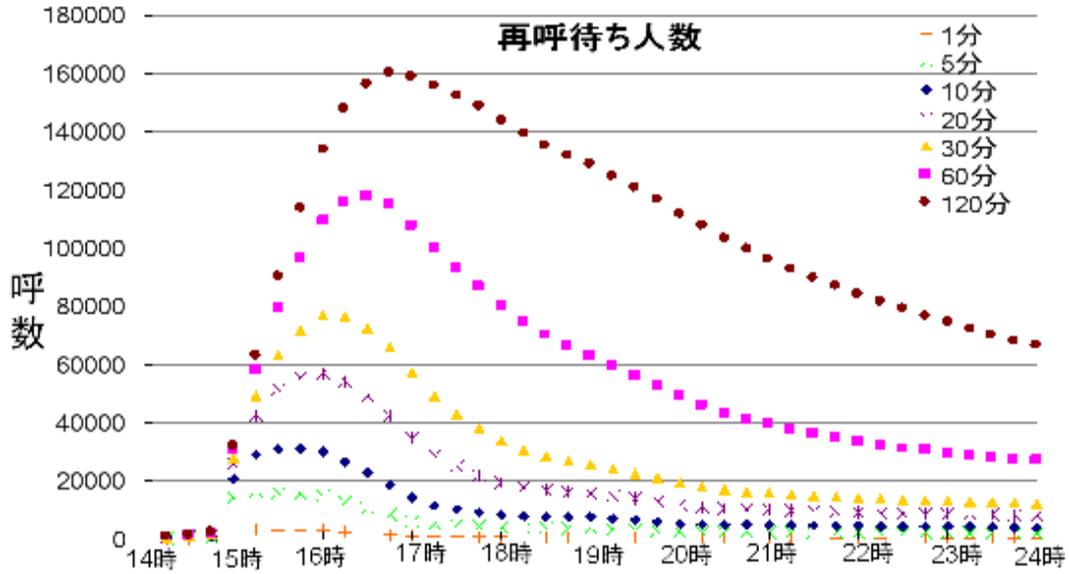


Fig.5.11: 再呼待ち時間による再呼待ち人数の結果

5.3.3 サーバ数を変化させたとき

ここでは再呼確率 30%、再呼待ち時間 20 分指数分布、サーバ数 200 台→343 台→500 台に変化させたときのシミュレーションを行う。このときの (1) (3) (4) の結果を以下に示す。

(1) 入力トラフィックの結果

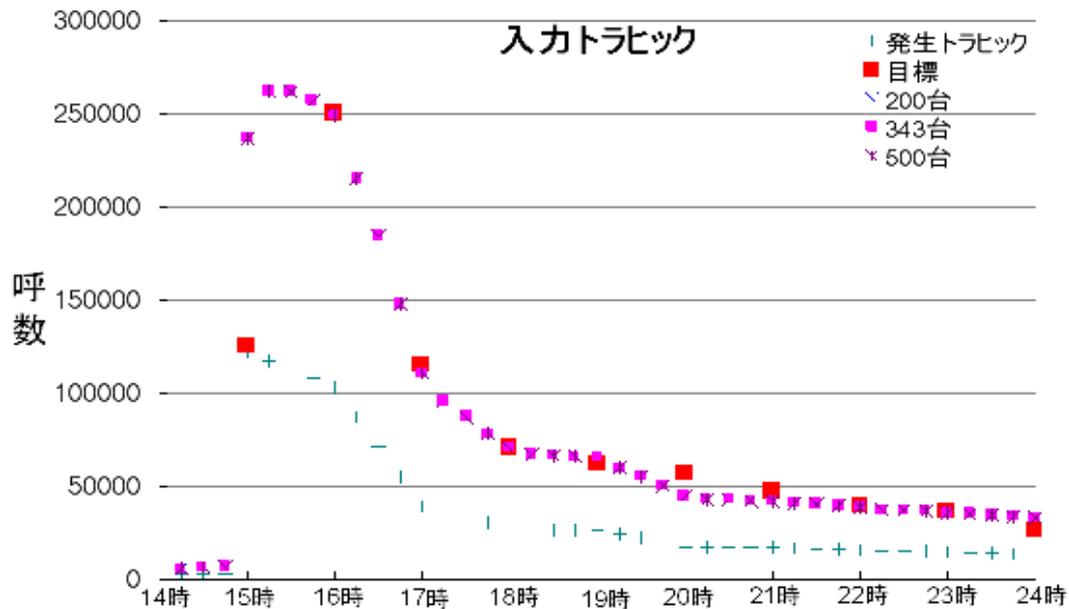


Fig.5.12: サーバ数による入力トラフィックの結果

(3) 再呼待ち人数の結果

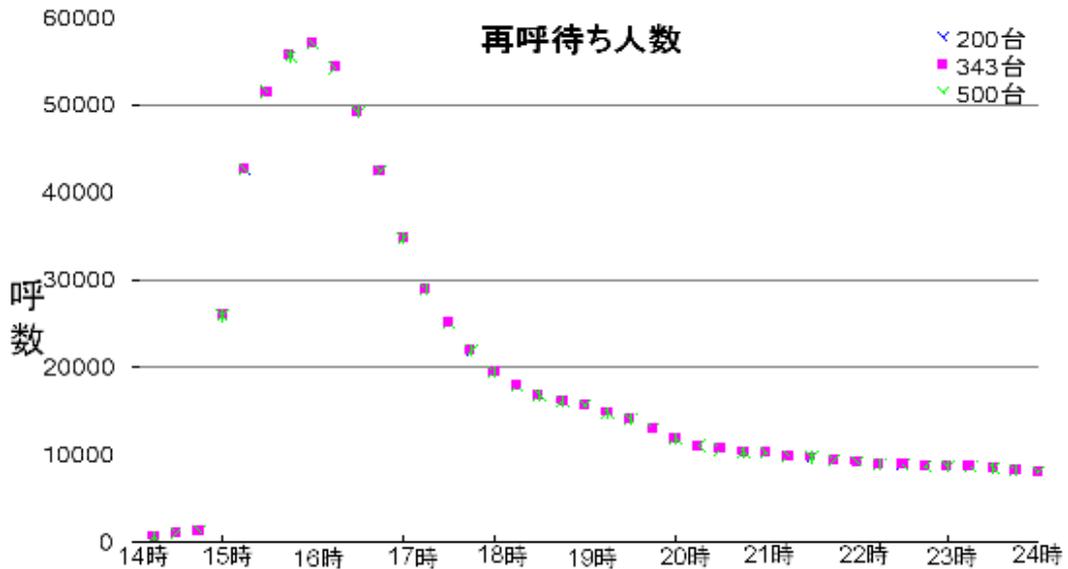


Fig.5.13: サーバ数による再呼待ち人数の結果

(4) 再呼到着間隔はサーバ数に関係なく平均 0.001 秒となった。

5.3.4 再呼待ち時間一定 vs 変化

ここでは (i) と (ii) の (1) (3) の結果を以下に示す。

- (i) 再呼確率 30%、シミュレーション終了時まで再呼待ち時間 20 分指数分布一定
- (ii) 再呼確率 30%、下図のように約 2 時間ごとに再呼待ち時間を変化させたとき

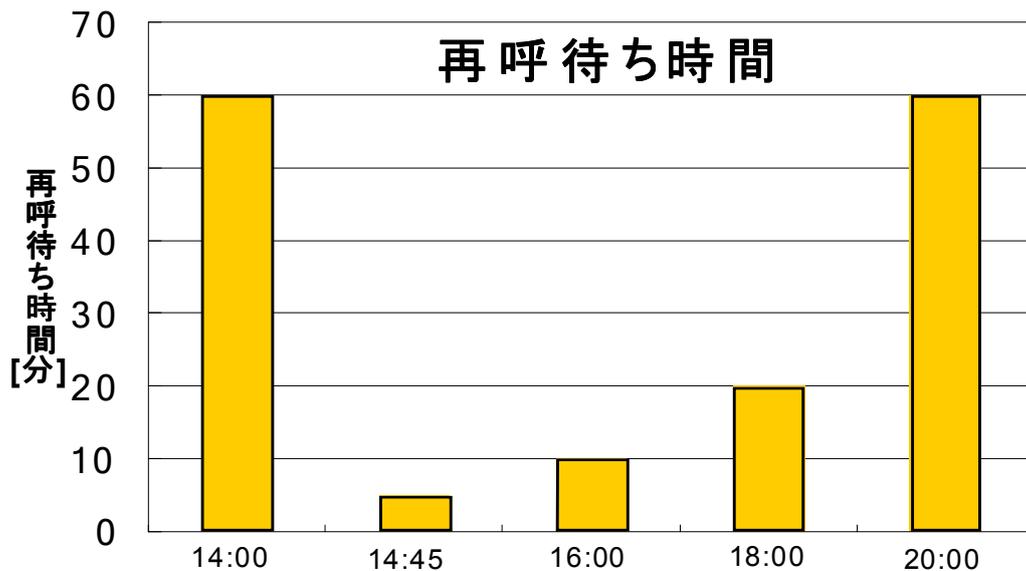


Fig.5.14: 時間帯別の再呼待ち時間

(1) 入力トラヒックの結果

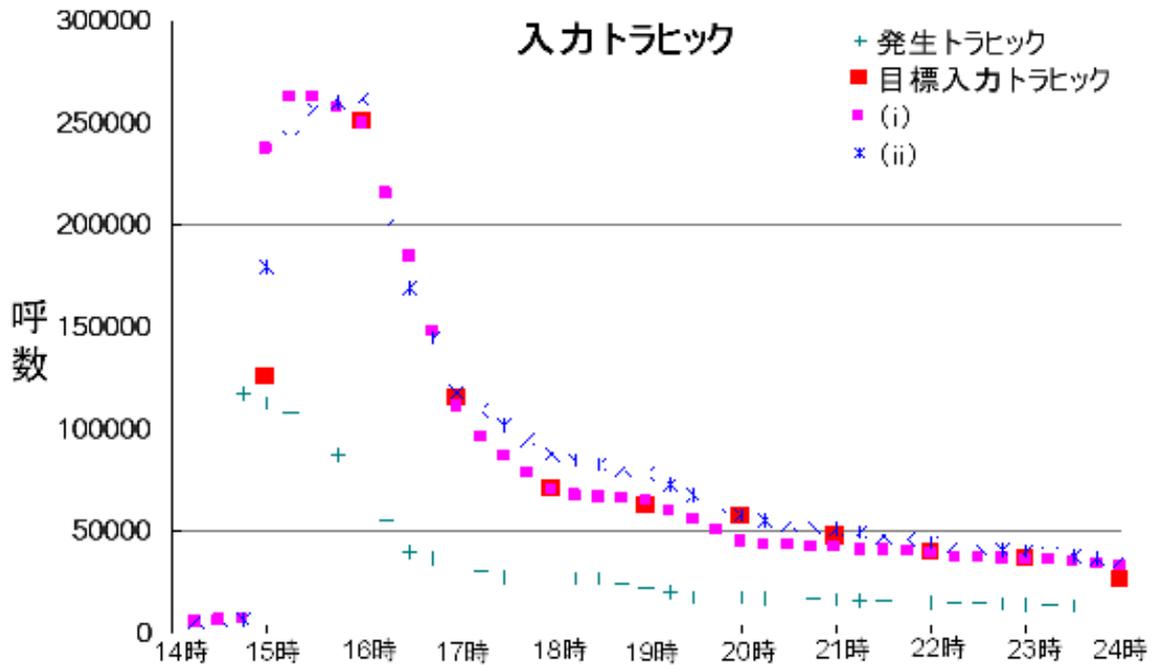


Fig.5.15: (i) vs (ii) 入力トラヒックの比較結果

(3) 再呼待ち人数の結果

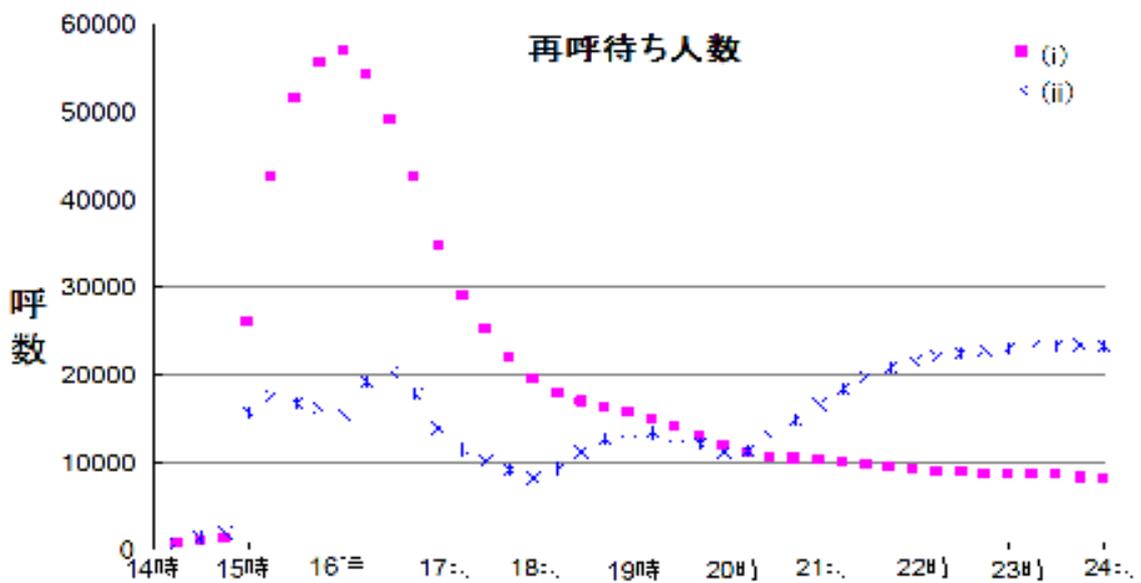


Fig.5.16: (i) vs (ii) 再呼待ち人数の比較結果

### 5.4 固定電話のシミュレーション結果

5.1.1 の設定を行い、再呼確率 10%→20%→30%→40%→60%に変化させたときのシミュレーションを行う。このときの (1) (2) (3) (4) の結果を以下に示す。

(1) 入力トラヒックの結果

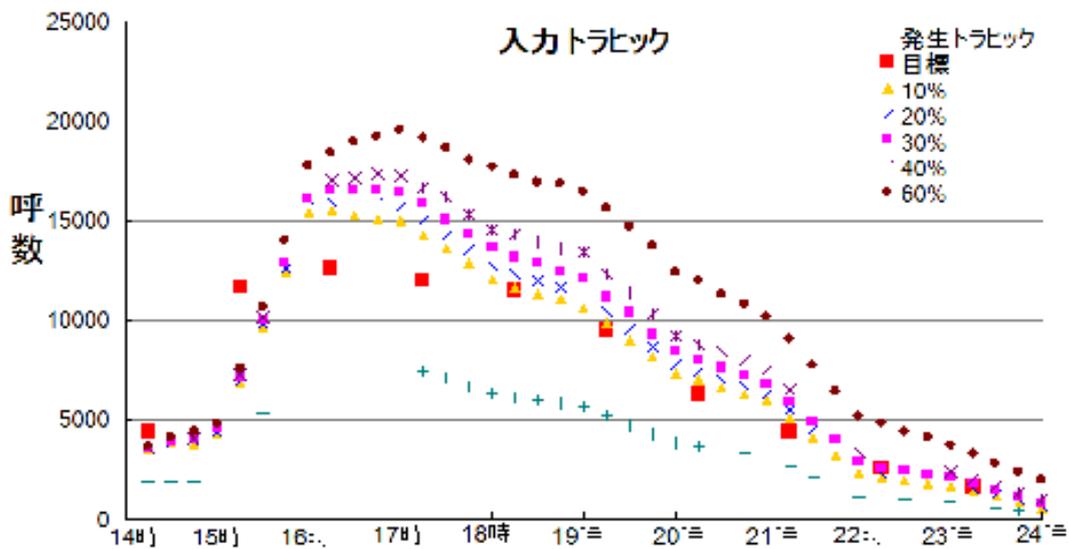


Fig.5.17: 固定電話による入力トラヒックの結果

(2) 発生トラヒックと再呼トラヒックの比率

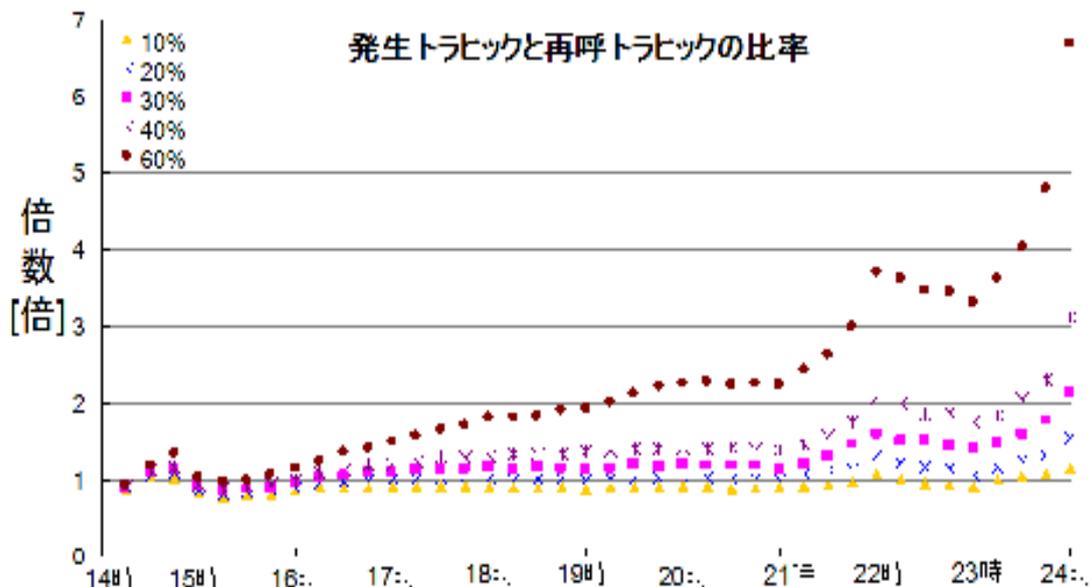


Fig.5.18: 固定電話による発生トラヒックと再呼トラヒックの比率

## (3) 再呼待ち人数の結果

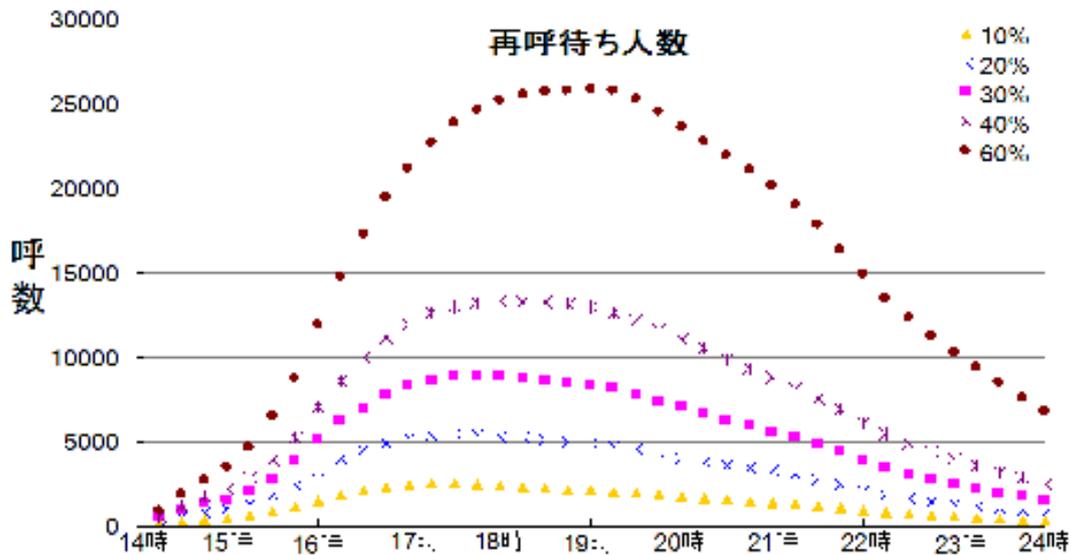


Fig.5.19: 固定電話による再呼待ち人数の結果

(4) 再呼到着間隔は平均で約 0.05 秒となった。

## 5.5 考察

以上の結果から、携帯電話においては再呼確率は 30%か 40%のとき、再呼待ち時間は 20 分以下のときが NTTdocomo の入力トラヒックに最も近いことが明らかとなった。そして全サーバの数が 100 台ほど増減したとしても、この結果に変化がないこともわかった。

しかしながら、ユーザの再呼待ち時間が時間帯に関係なく常に 20 分一定というのは不自然であると考えた。そこで 14:45 までの再呼待ち時間は 60 分、14:45~16:00 は 5 分、16:00~18:00 は 10 分、18:00~20:00 は 20 分、20:00~24:00 までは 60 分と約 2 時間ごとに再呼待ち室で待つ時間を変化させた状態で入力トラヒックのシミュレーションを行った。その結果、入力トラヒックは両者条件には関係がなかったが、再呼待ち人数は再呼待ち時間変化させたときのほうが昼間の待ち人数が減少することが明らかとなった。

一方、固定電話においては再呼確率は 10%のときが NTT 東日本の入力トラヒックに最も近いことが明らかとなった。

## 第 6 章

---

### 災害時における通信確保手法

## 6.1 災害用伝言サービスの現状

次に、災害時における通信確保手法について提案する。各通信事業者は災害伝言版や災害伝言ダイヤルなどへの利用を推奨するとともに、不要不急の電話利用の自粛をお願いしてきた[20]。これら災害用のサービスツールは、利用者への浸透度が高いにも関わらず実際に利用している人は10%程度にとどまり[10]、かつ、満足度においても利用者の96%が何らかの不満を抱いていることが分かった。

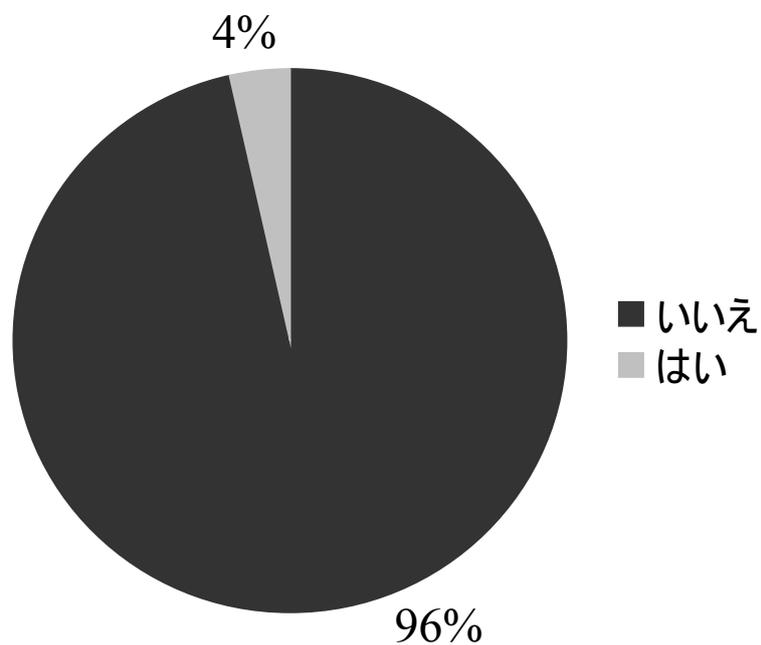


Fig.6.1: 災害伝言ダイヤルと災害伝言掲示の満足度

## 6.2 通信事業各社の今後の取り組み

6.1 を受け通信事業各社では、音声通話以外の通信手段の整備拡充と改善を検討している。今後の具体的な取り組みを以下に示す。[21]

- ・ 災害用伝言サービスの高度化  
→災害用伝言サービスの横断的な検索の実現
  
- ・ 高齢者等向け簡易端末の提供  
→各事業者は、簡単で使いやすいスマートフォンの開発・提供を進めている
  
- ・ 携帯電話の緊急速報メールや放送メディアの活用等による効果的な情報提供  
→輻輳時の不要不急の電話の自粛、通話時間の短縮など国民への周知・要請  
→輻輳時にその軽減を図る観点から、音声ガイダンスによる災害伝言版へ誘導  
→災害時における携帯電話の緊急速報メールやテレビ・ラジオなどの積極的活用
  
- ・ 国や通信事業者間の連携による輻輳状況や通信規制状況の共有・提供  
→輻輳状況や通信規制に関する情報を二次利用可能な形で公開することについて、別に電気通信事業者を中心とする検討の場を設け、情報提供に関する統一ルールを検討
  
- ・ 平時からの災害時の通信手段に関する周知・広報  
→災害用伝言サービスの積極的活用等について、政府広報のラジオ番組において広報を実施

### 6.3 3/11の安否確認

一方、東日本大震災が発生した日（14時46分以降）を今から振り返って、当日、メールなどのテキストよりも肉声で相手の無事を確認したかったですか。とのアンケート質問に対し、世代を問わず回答者の84%の人が音声通話による安否確認を希望していたことが分かった。

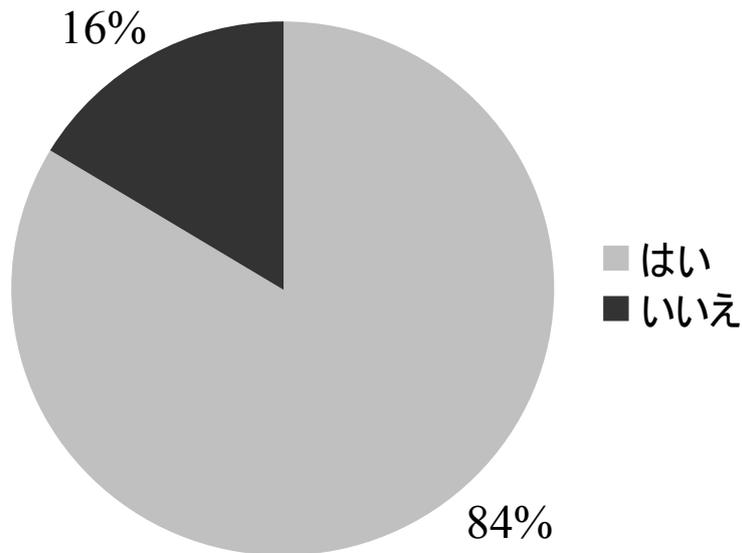


Fig.6.2: 安否確認 メール vs 肉声

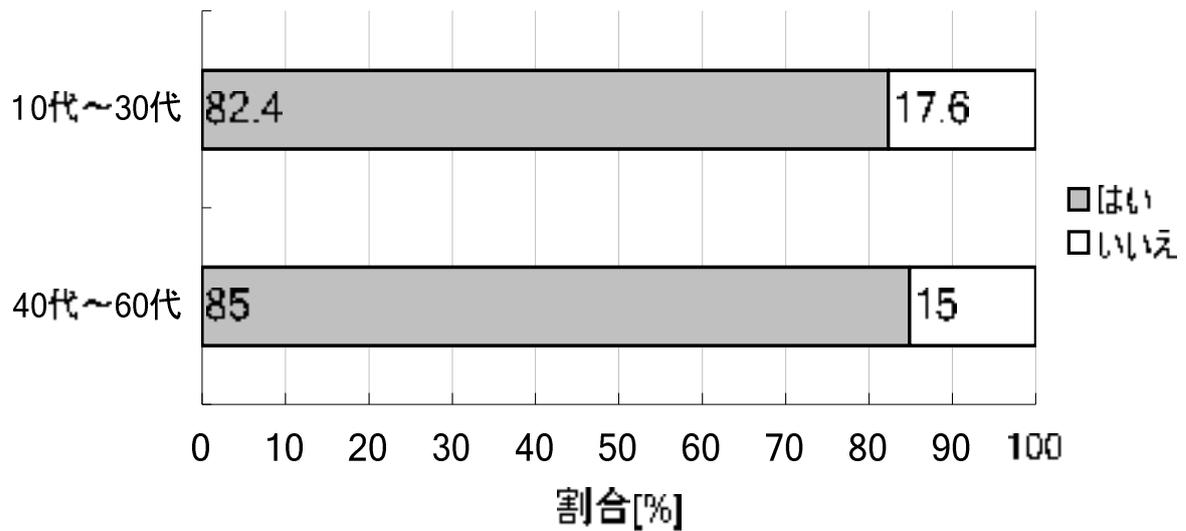


Fig.6.3: 安否確認 メール vs 肉声（年代別）

## 6.4 ソーシャルネットワークサービス

近年、社会的ネットワークをインターネット上で構築するサービスとしてソーシャルネットワークサービス（Social Network Service：SNS）が世界中で多くの人に利用されている。代表的なソーシャル・ネットワーキング・サービスとして、日本最大の会員数を持つ mixi、モバイル向けの GREE、モバゲータウン、海外では世界最大の会員数を持つ Facebook などがある。このサービスを通じ、友人・知人間のコミュニケーションを促進する手段や場、あるいは趣味や嗜好、居住地域、出身校、「友人の友人」といった自身とは直接関係のなかった他人との繋がりを通じて新たな人間関係を形成することも出来る。

また SNS（主に、mixi、Twitter、FaceBook）の利用者は、東日本大震災の発生日においても平日と全く変わらない通信が可能であったことが分かった[10][22]。以下の表は mixi のマイミクシィに誰を登録しているか、Twitter では誰をフォローしている、または誰からフォローされているかを、FaceBook では誰を友達として登録しているかなどの調査結果を示した。その結果、50%以上の利用者が友達や知人との連絡は SNS が活用されていることがわかった。一方、安否確認の最も必要性の高い家族や親戚などの登録は少なく、非常時の通信手段としては不向きであると推測される。

	mixi	Twitter	FaceBook
友人・知人	58	55	69
身内 (両親・兄弟・夫婦・親戚)	18	2	15
未使用	19	13	14
その他	5	29	1

Table.6.1: SNS の登録状況

## 6.5 ボイスメールサービスの提案

この度の震災では利用者の半数近くが通話時間を短くしたりダイヤルを抑えるなど非常事態での利用マナーは浸透していることが伺える。また年齢層が高くなるにつれて気配りのあとが伺える[10]。こうした利用者の自粛意識にもかかわらず通話時間全体では平日よりも若干短縮した程度にとどまっている。また6.2のような通信事業各社の取り組みでも、ひとたび災害が発生すると、多くのユーザは我さきに電話をかよとする現象が起きうるものとする。そこで不用意に電話をかけてしまったユーザのためにサービスが必要となる。家族や親類縁者との安否確認には"ボイスメール"のような肉声で連絡しあえる通信手段が望まれていることが推測される。

## 6.6 ボイスメールサービス内容

その具体的なサービス内容を下図に示す。



Fig.6.4: ボイスメールサービス内容

震災発生後は電話が集中するため輻輳が原因で電話が繋がらない現象が発生する。通信制限を受けた電話をボイスメールに強制誘導し非常手段のサービスとして提供する。以下の手順でメッセージを録音、もしくは退去させる。

災害時に、AさんがBさんにボイスメールを送った場合のガイダンス例

各通信会社： ただいま電話が大変込み合っております。

緊急事態のため通信規制をしています。安否問い合わせなどお急ぎのお客様は次の案内に沿ってボイスメールのご利用をおススメいたします。ボイスメールご希望のお客様は「#」を押して下さい。

Aさん： 「#」を選択

各通信会社： メッセージをお届けします。発信音の後にメッセージを20秒以内で録音して下さい。メッセージの録音が終了しましたら「1」を、録音内容を再生したい場合は「2」 を、入力ください。なお、このガイダンスの途中で「#」を押すとガイダンスを終了することができます。発信音が流れる

Aさん： Bさんに20秒以内で伝言を残す、「1」を選択

各通信会社： メッセージをお届けしました。ご利用ありがとうございました。

このメッセージを音声ではなく携帯メールあるいは、WiFiホットスポットなどのインターネット回線を経由して相手に音声ではなくメールで送信することを本研究では提案する。「私は〇〇の避難所にいます。元気です。」このようなメッセージを入れておけば、安否を気遣う家族・親類縁者・友人は一応に安心すると思われる。また通信規制により増加する再呼の抑制にもつながり輻輳状態の回避手段に貢献できるものと考え

## 第 7 章

---

結論

## 7.1 まとめ

本研究でのアンケート結果より入力トラヒックを構成する発生トラヒックと再呼トラヒックの特徴を知ることができ、これを基にした再呼モデルの再現を最終目標とした。

### 7.1.1 入力トラヒックのアンケート結果

この結果、平日とのトラヒック比は15時台は増加し、16時台以降は固定電話で3.5倍、携帯電話で4.5倍に指数分布的に収束する傾向にあることが分かった。

また、各タイプとして以下のような結果となった。

- ・タイプ1（平常日の電話）

平日とのトラヒック比を指数分布でみると、14時・15時台は増加し、16時台以降は減少するが、夜間にかけて再び増加する傾向にある

- ・タイプ2（3/11の電話）

15時台は増加し、16時台以降は急激に減少する傾向にある

- ・タイプ3（再呼トラヒック）

15時～17時台は増加し、夜間にかけて減少する傾向にある

### 7.1.2 VisualSLAMを用いたシミュレーションによるトラヒックモデルの検討

携帯電話においては再呼確立は30%、再呼待ち時間は約2時間ごとに再呼待ち室で待つ時間を変化させたときがNTTdocomoの入力トラヒックに最も近いことが明らかとなった。

### 7.1.3 通信確保手法の提案

地震発生当日の通信実態は、電話利用者の95%が安否確認を目的とし、その74%が家族に向けた安否連絡であった。また、80%の利用者がメール交信よりも音声による直接通話を希望しており、各電話会社が提供する災害伝言サービスなどに対しては利便性を含め不満を抱いていることがわかった。一方、通信効率も高く災害時でも輻輳障害の少ないNSNについては家族どうしの登録が20%以内に留まるなど普及への課題が残る。

そこで本研究では、災害時の通信確保手段として音声連絡によるボイスメールを導入し、メッセージを音声通話ではなく携帯メールまたはインターネット回線を経由したメールとして送信することを提案した。

## 7.2 今後の課題

7.1.1の入カトラヒックのアンケート結果は4.1.2の設問で示したとおり、電話回数では30分間に繰り返し電話をかけたケースでも1回としてカウントしている。この条件下で集計した5.3.2の発生トラヒックは信憑性でやや欠ける面があり、この解決にはより短い時間帯での入カトラヒックを調査する必要がある。

また再呼モデルのシミュレーションでは再呼確率を0分～600分まで常に一定の確率で再呼させたが、この値においても時間帯ごとに変化させる必要があると考えられる。

更に、5.2で述べたように再呼トラヒックは15分間隔でリセットさせている。これにおいても、例えば0分～15分をまたいで電話しているとき（14分目に電話をかけて15分目に電話を切る場合）は16分～30分のほうに1回再呼トラヒックがカウントされるため、実態とのズレが生じることになる。これら諸問題に関しても解決する必要がある。

また今後は、本研究で得た発生トラヒックと再呼モデルの結果をもとに、通信時間制限などの輻輳対策を評価し、有効性を証明する必要がある。

また今回新しい通信確保手法としてボイスメールへの誘導を提案した。これに関しても実際の災害時の状況を再現し、模擬実験を試みることでこの提案の有効性を証明する必要があると考えられる。

# 謝辞

---

本研究を進めるにあたり、多くの方々にご協力をいただきました。

相田仁教授には研究の上で多岐に渡るご指導、ご教示を頂きました。深く御礼申し上げます。

また相田研究室秘書の中山早百合氏には、事務面でのサポートだけでなく日頃の生活面への温かいサポート、アドバイスを頂きました。心より感謝致します。

技術専門職員の千葉新吾氏には、研究室のみでなく、私の学生生活全般において大変お世話になりました。深く感謝致します。

また相田研究室所属の学生の方々には公私に渡り多くの助言を頂き、本研究へのご協力も頂きました。深く感謝致しております。

そして本研究の実験にご協力頂いたすべての方に、改めて御礼申し上げます。

最後に、現在に至るまで常に私を支え続けてくれた家族に、心から感謝致します。

皆様、本当にありがとうございました。

2012年2月8日

## 参考文献

---

- [1] 高橋彰良, “再呼を考慮した情報通信システムのトラヒック特性”, 早稲田商学第 405 号, pp.61-92, 2005.
- [2] 武井務, “阪神・淡路大震災における通信サービスの状況”, 電子情報通信学会誌, vol.79, no.1, pp.2-6, Jan.1996.
- [3] 総務省東北総合通信局, “災害時における情報通信システムの利用に関する検討会第一次報告書”, <http://www.ttb.go.jp/saigai/houkoku/index.html>
- [4] 総務省, “平成 20 年岩手・宮城内陸地震による被害等について【第 3 報】”, [http://www.soumu.go.jp/menu\\_00/important/pdf/20080614\\_1400\\_03.pdf](http://www.soumu.go.jp/menu_00/important/pdf/20080614_1400_03.pdf)
- [5] 総務省 総合通信基盤局, “東日本大震災における通信の被害状況、復旧等に関する取り組み状況”, 2011 年 9 月 29 日.  
[http://www.bousai.go.jp/3oukyutaisaku/higashinihon\\_kentoukai/4/soumu.pdf](http://www.bousai.go.jp/3oukyutaisaku/higashinihon_kentoukai/4/soumu.pdf)
- [6] 秋永和計, “通信関係を考慮した災害輻輳の早期解消法の一考察”, 信学技法, pp.9-14, 2006.
- [7] 東日本電信電話株式会社, 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会ネットワークインフラ WG (第 2 回) 配付資料, 追加資料 2-5, 2011 年 6 月 9 日. [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000117680.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000117680.pdf)
- [8] 東日本電信電話株式会社, 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会ネットワークインフラ WG (第 2 回) 配付資料, 説明資料 2-1, 2011 年 6 月 9 日. [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000117676.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000117676.pdf)
- [9] 岡田和則, “災害時の携帯電話の問題と対策”, 電子情報通信学会誌, vol.92 No.3 pp.179-184, 2009.
- [10] 総務省, 総合通信基盤局, “東日本大震災発生後の通信状況に関するアンケート”, 研究会資料 3-1”, 2011 年 11 月 11 日 3-1”, 2011 年 11 月 11 日.  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000136157.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000136157.pdf)
- [11] 東日本電信電話株式会社, “東日本大震災の被害状況と今後の安全・信頼性対策について研究会資料 17-2-1”, 2011 年 10 月 19 日.  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000133544.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000133544.pdf)

- [12] 総務省 総合通信基盤局,"通信量からみた我が国の通信利用状況,平成 21 年",2011 年 1 月 28 日.[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000099431.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000099431.pdf)
- [13] NTT ドコモ,"東日本大震災及び台風 12 号・15 号の被災状況と今後の安全・信頼性対策について,研究会資料 17-2-3",2011 年 10 月 19 日.  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000133546.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000133546.pdf)
- [14] KDDI,"東日本大震災及び台風 12 号による被災状況並びに電気通信設備の安全・信頼性対策について,研究会資料 17-2-4",2011 年 10 月 19 日.  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000133547.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000133547.pdf)
- [15] ソフトバンクモバイル,IP ネットワーク設備委員会,通信確保班,補足説明資料 18-1-5",2011 年 10 月 31 日.[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000136726.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000136726.pdf)
- [16] 総務省,"通信確保作業班(第 3 回)における宿題事項に対する各社提出資料,参考通作 4-3",2011 年 11 月 24 日.
- [17] 総務省 総合通信基盤局,"大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について,資料 9-1",2011 年 11 月.[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000136155.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000136155.pdf)
- [18] 服部武,相澤りえ子,小川将克共著"Visual SLAM による無線システムシミュレーション",2003.6.25
- [19] 森戸晋服部武,相澤りえ子,貝原俊也共著"Visual SLAM によるシステムシミュレーション(改訂版)",2001.3.1
- [20] ドコモレポート,No.47,"どうなる! 災害時の携帯電話-災害時のネットワークの安全・信頼性を高めるための取組み",2006 年 8 月 21 日.
- [21] 総務省,総合通信基盤局,"大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について最終取りまとめ(案)概要",説明資料 8-2,2011 年 12 月 27 日.  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000141066.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000141066.pdf)
- [22] 総務省,総合通信基盤局,"大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について最終取りまとめ(案)",説明資料 8-1,2011 年 12 月 27 日.  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000141065.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000141065.pdf)

## 発表文献

---

- [23] 足立恵理子, 相田仁, “災害時におけるトラヒックモデルと通信確保手法について”, 電子情報通信学会, 情報ネットワーク研究会, IN2011-109, 広島市立大学, Dec.2011 (2011年 IN 研究賞決定) .

## 付録 A 総務省によるアンケート結果

### A.1 3/11 当日の状況

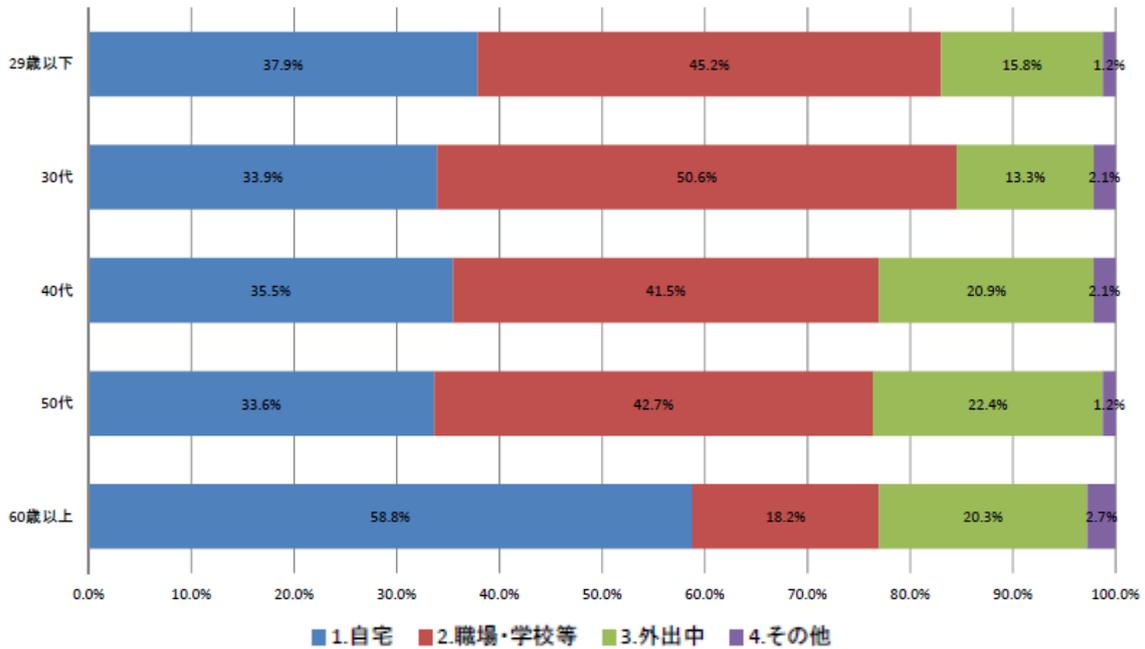


Fig.A.1: 地震発生時、どこにいたか（年代別）

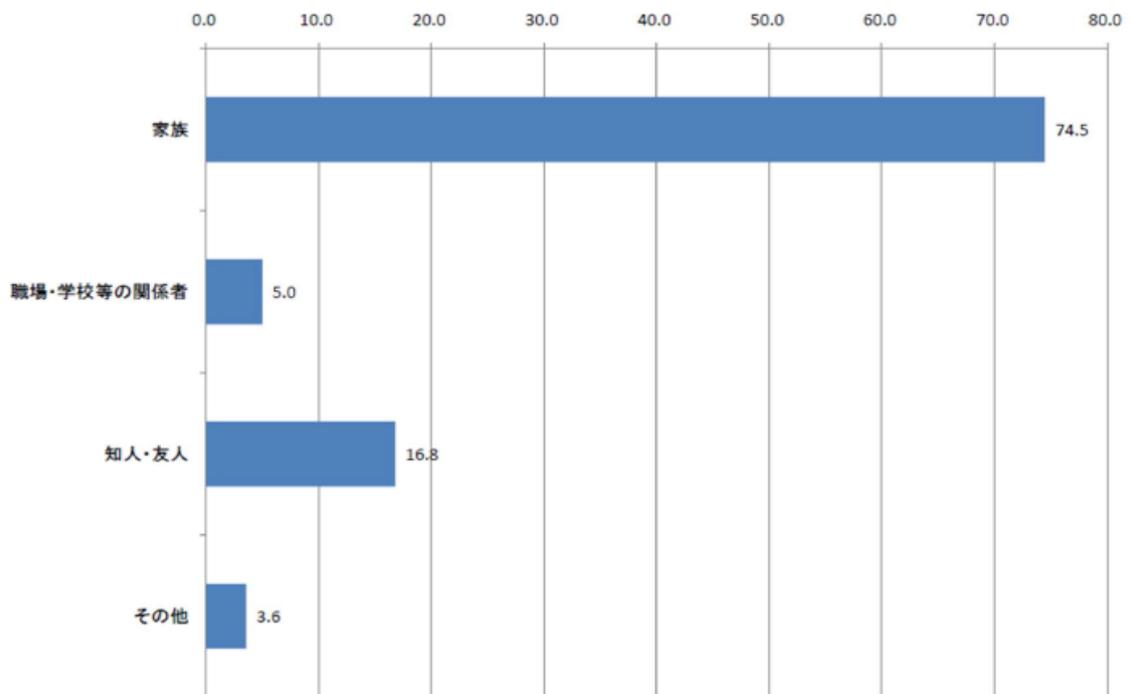


Fig.A.2: 最初に連絡をとろうとした相手（全体）

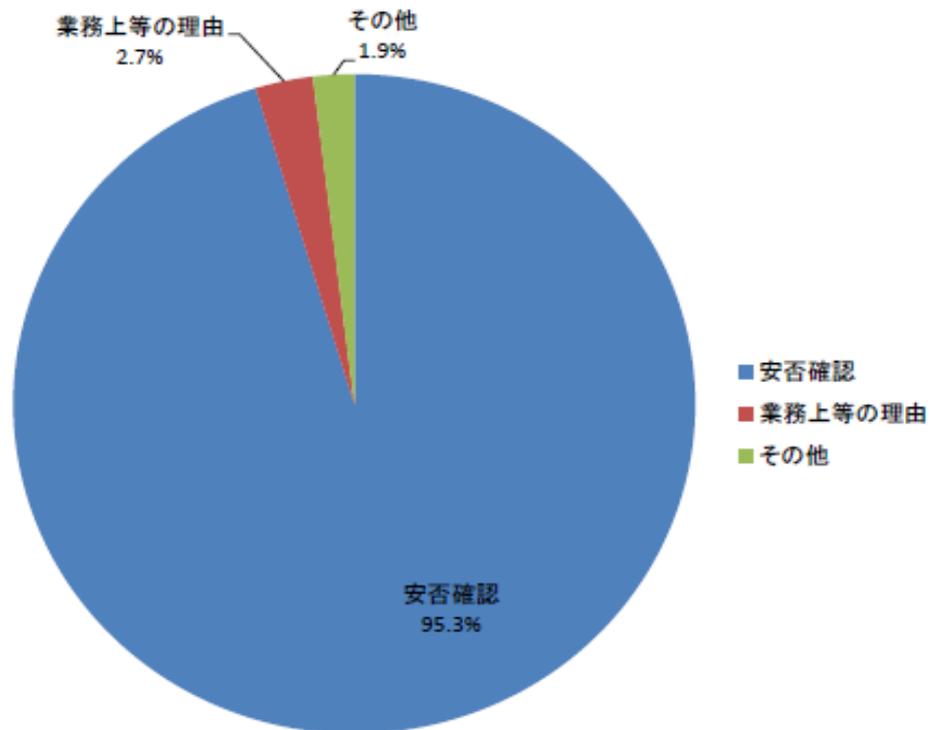


Fig.A.3: 連絡した目的（全体）

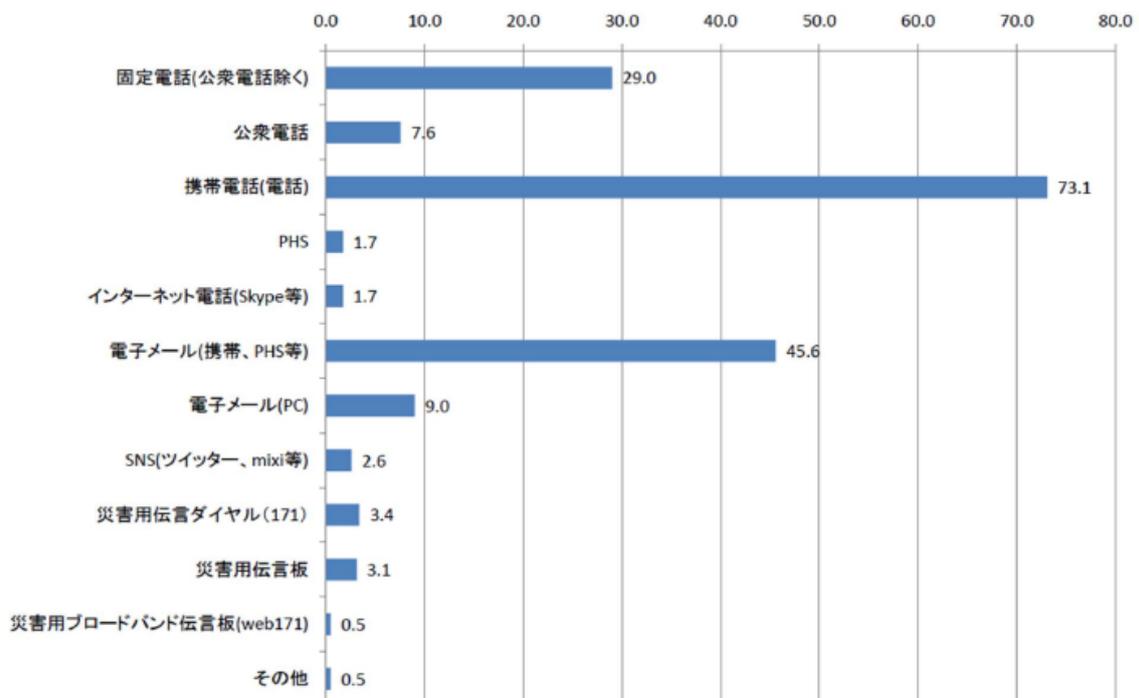


Fig.A.4: 利用した・利用とした連絡手段（複数回答可）（全体）

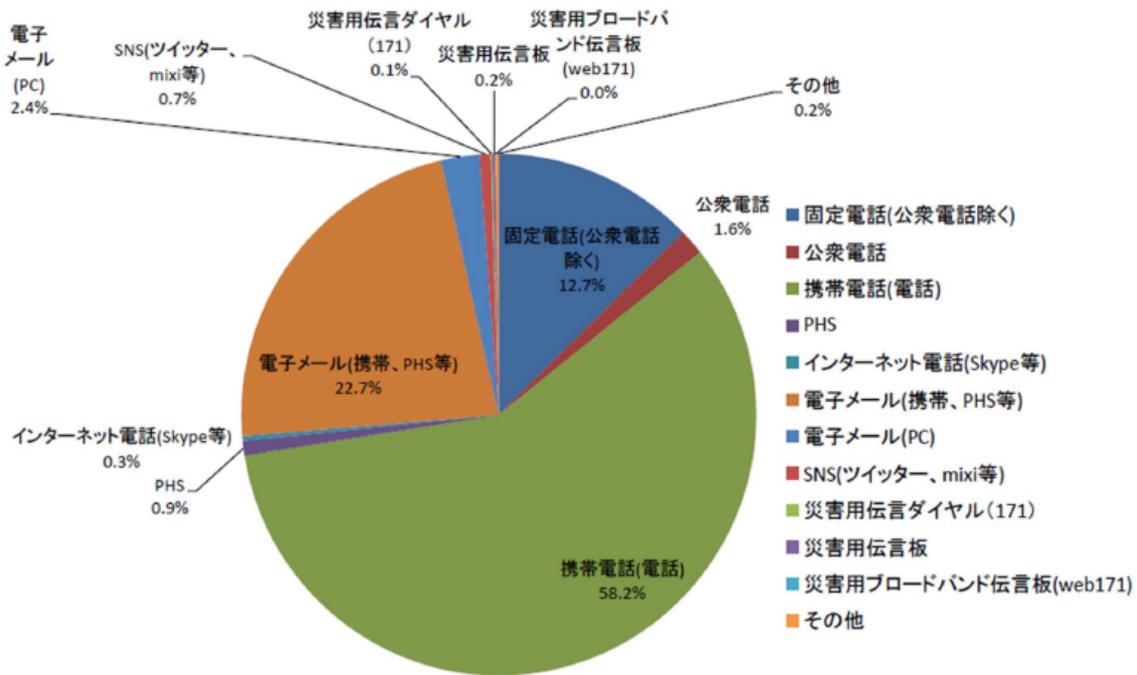


Fig.A.5: 最初に試した連絡手段 (全体)

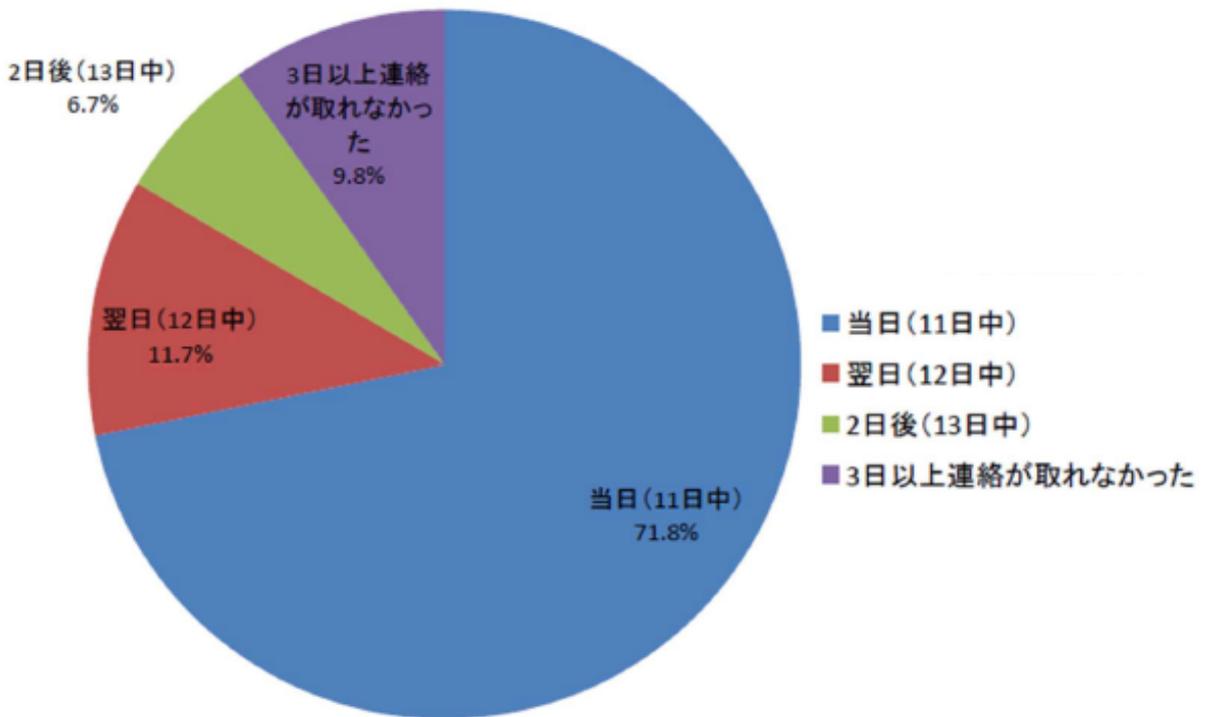


Fig.A.6: 最初に連絡のとれた時期 (全体)

A.2 電話について

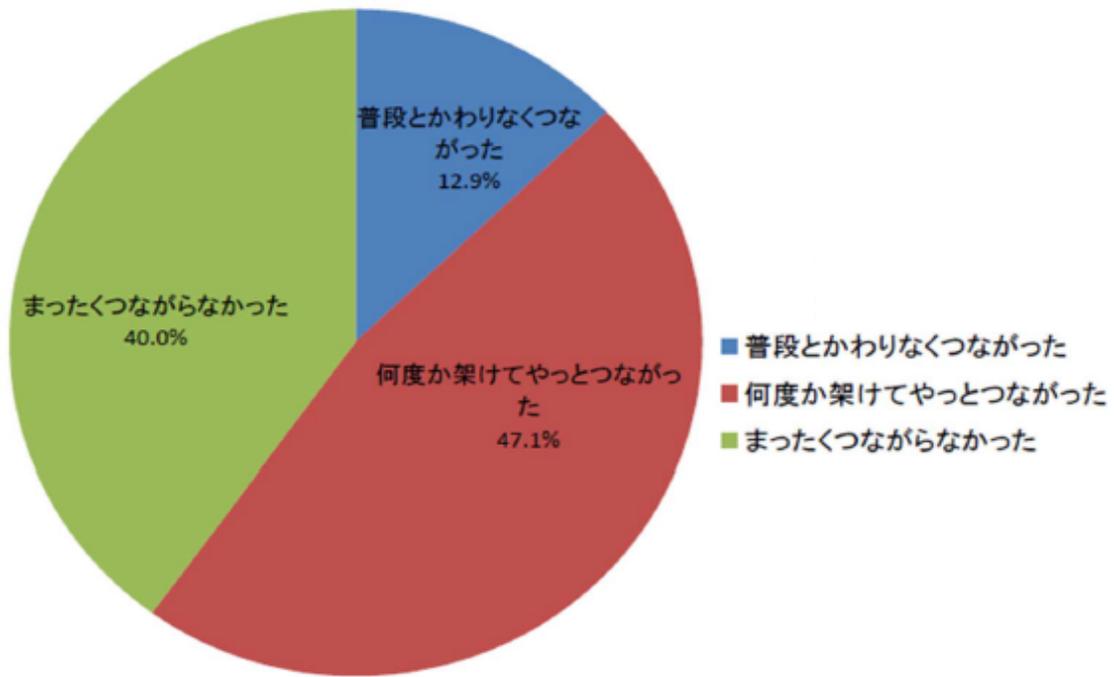


Fig.A.7: 電話の繋がり具合（全体）

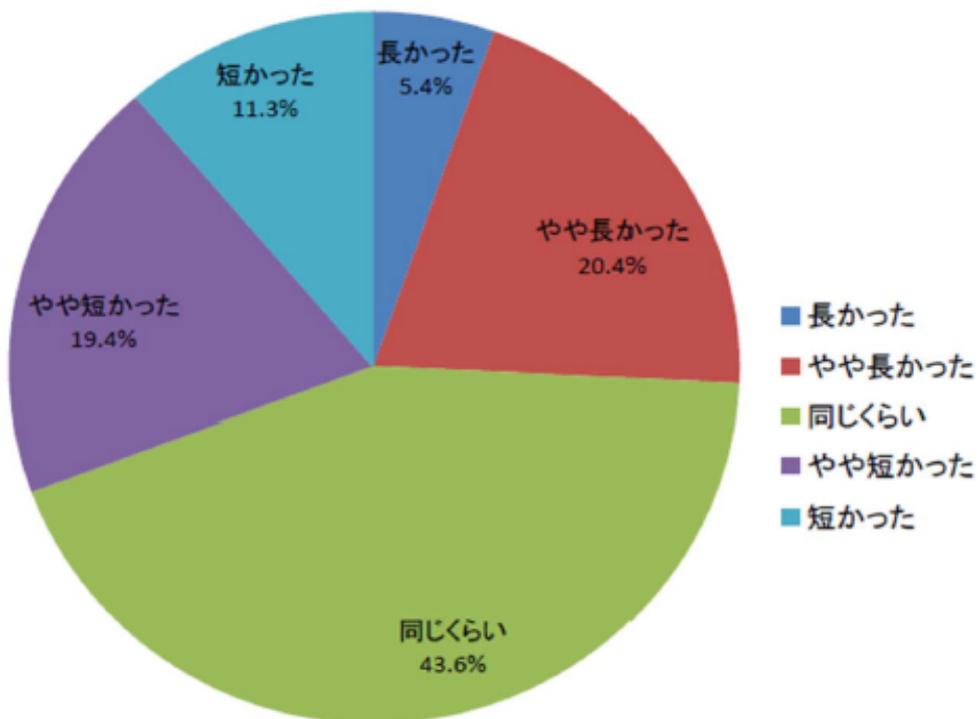


Fig.A.8: 通話時間（全体）

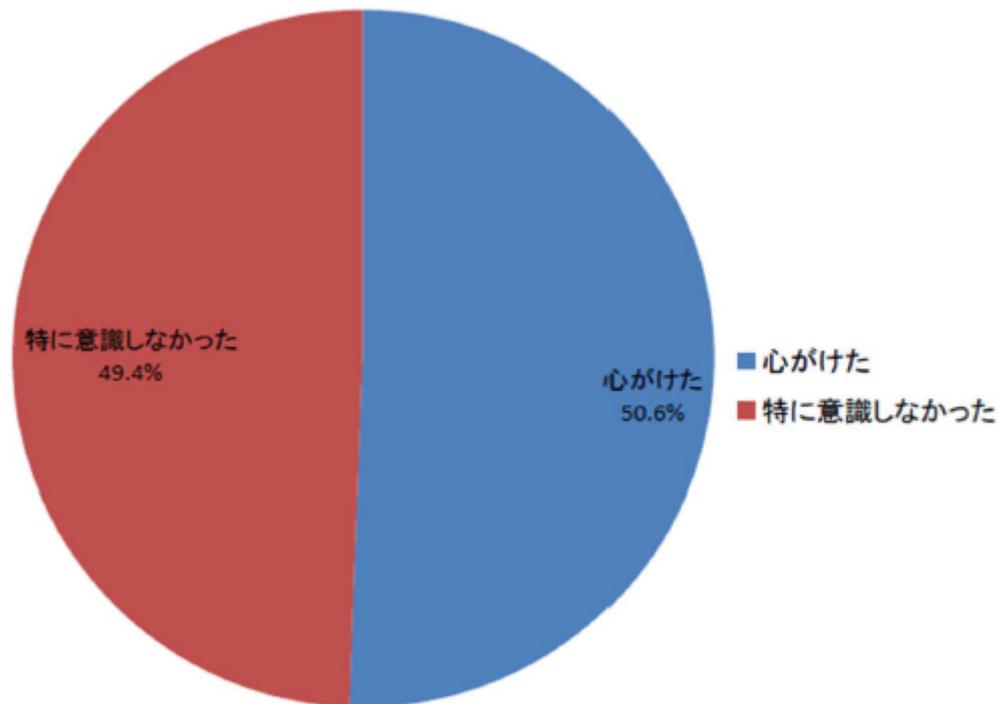


Fig.A.9: リダイヤルを避けたり、通話を短くするように意識したりしたか（全体）

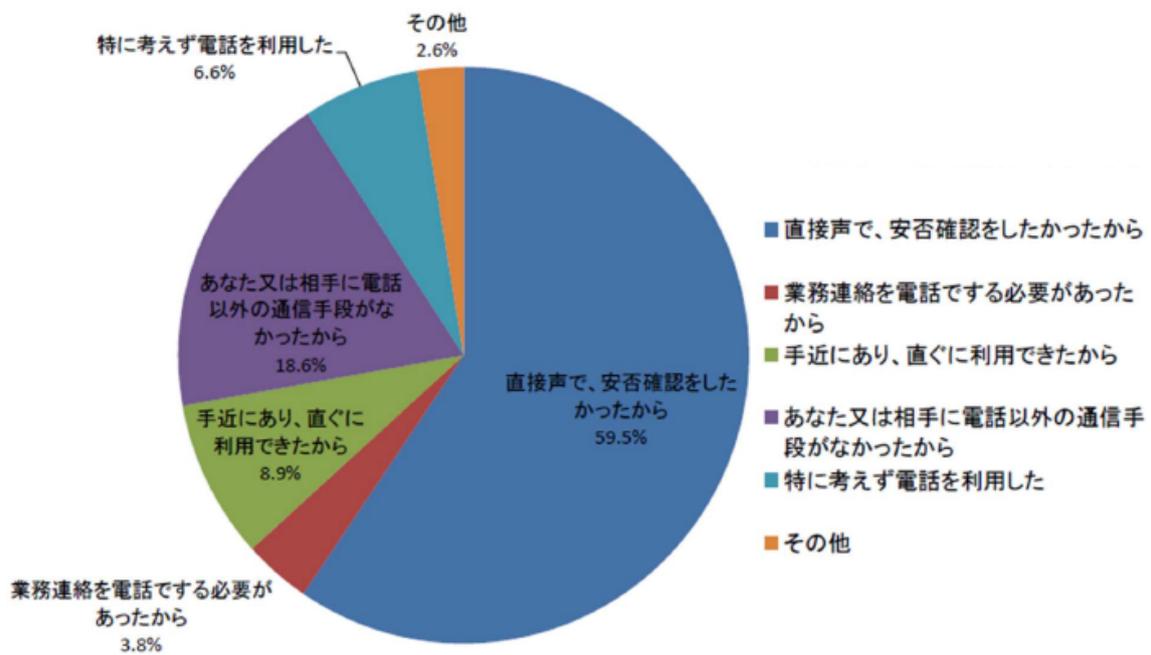


Fig.A.10: 電話がつながりづらい状況でも電話を利用した理由（全体）

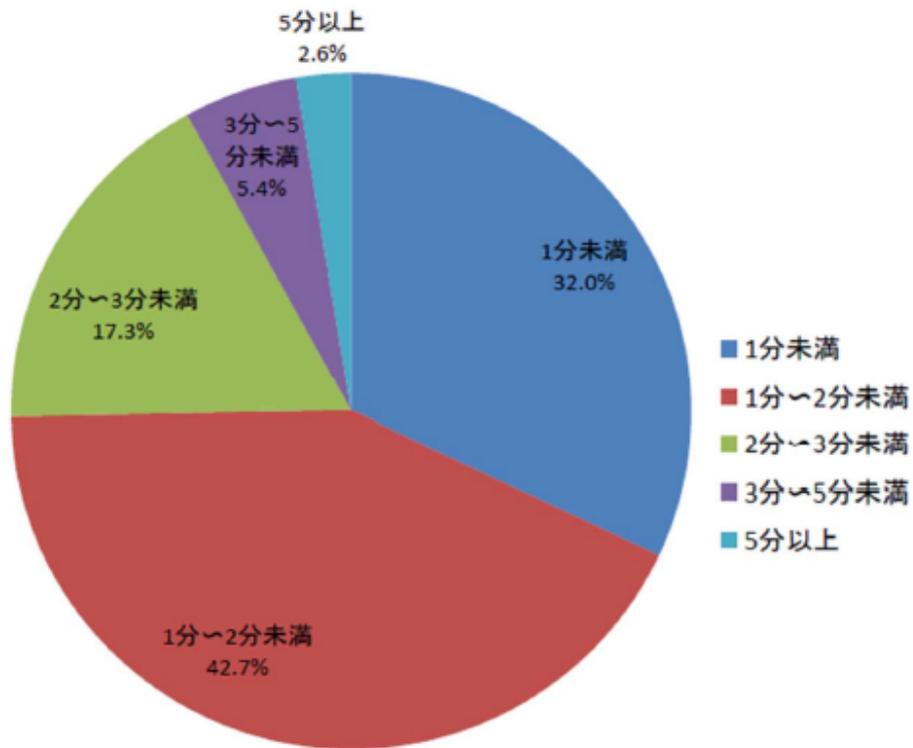


Fig.A.11: 安否確認に通話時間は最低何分必要か（全体）

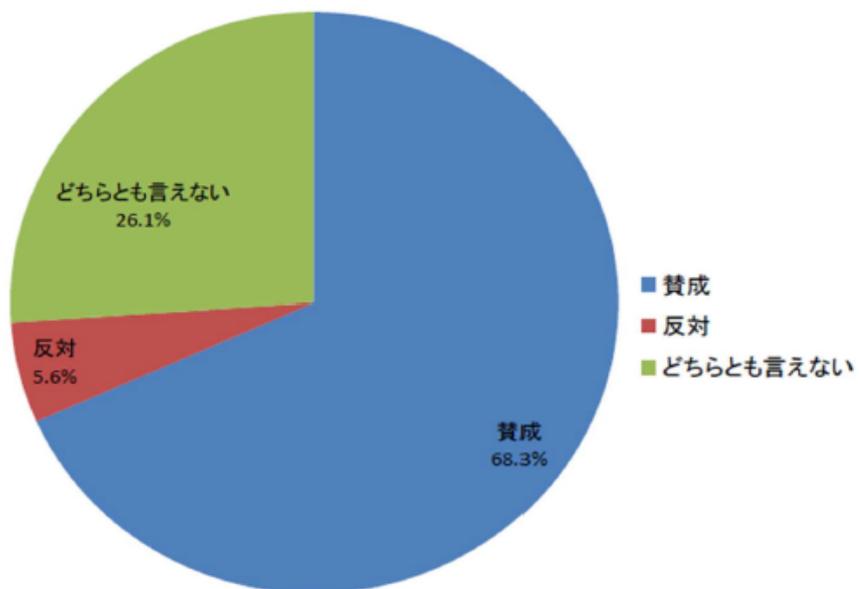


Fig.A.12: 通話時間制限に対する賛否（全体）

A.3 メールについて

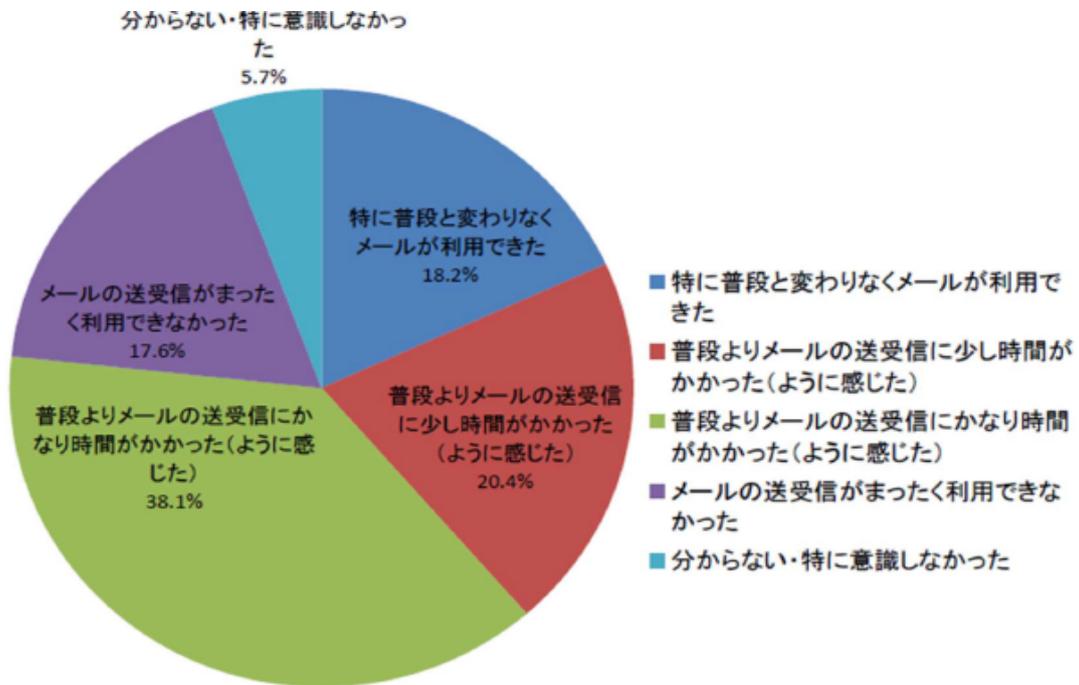
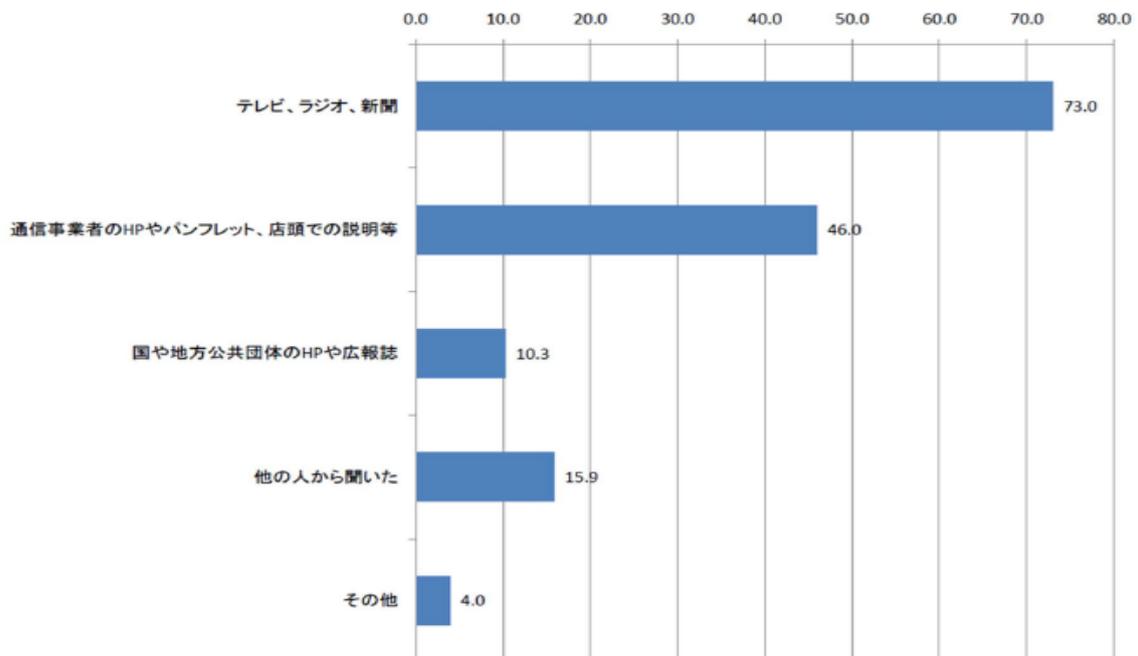


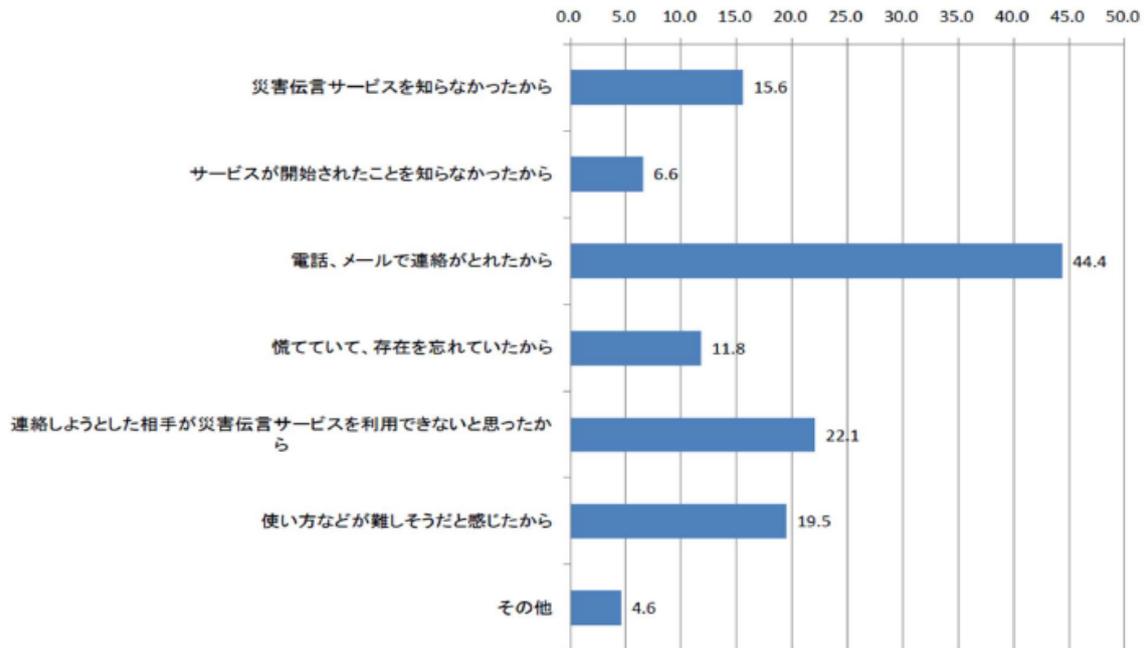
Fig.A.13: メールを送受信時間 (全体)

A.4 災害用伝言サービスについて



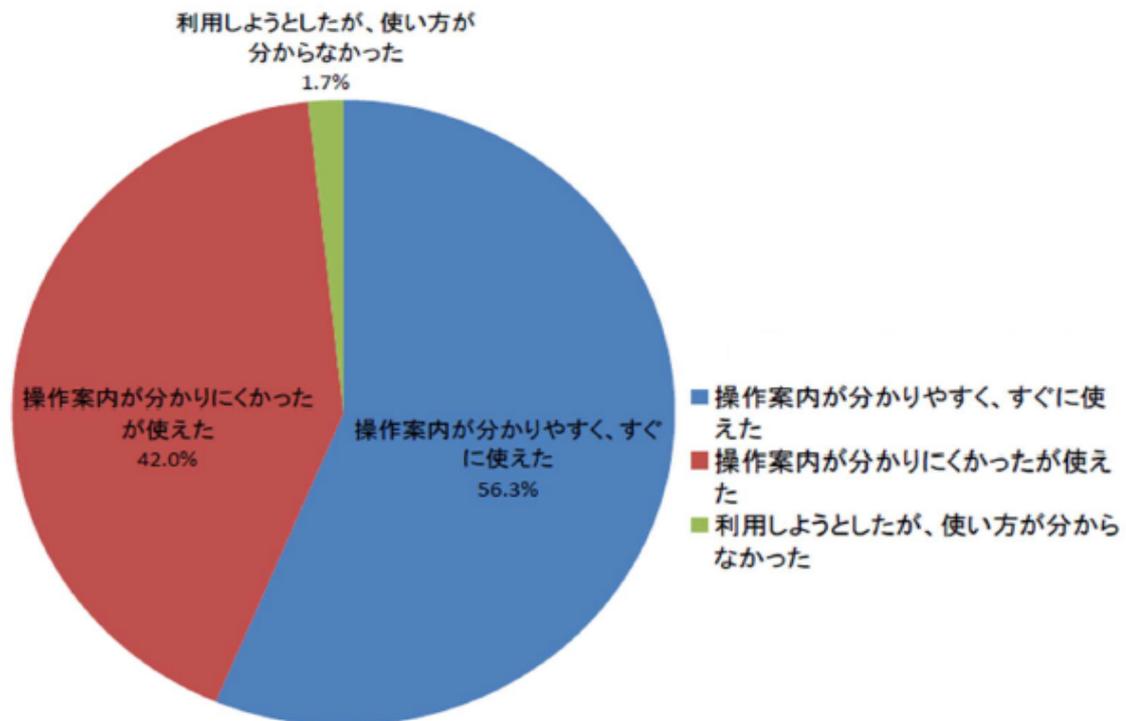
災害用伝言サービスを震災前から知っていて利用した人(126人)への質問

Fig.A.14: 災害用伝言サービスを何で知ったか (複数回答可) (全体)



災害用伝言サービスを利用しなかった人(1508人)への質問

Fig.A.15: 利用しなかった理由（複数回答可）（全体）



災害用伝言サービスに接続できた人(119人)への質問

Fig.A.16: 操作性について（全体）

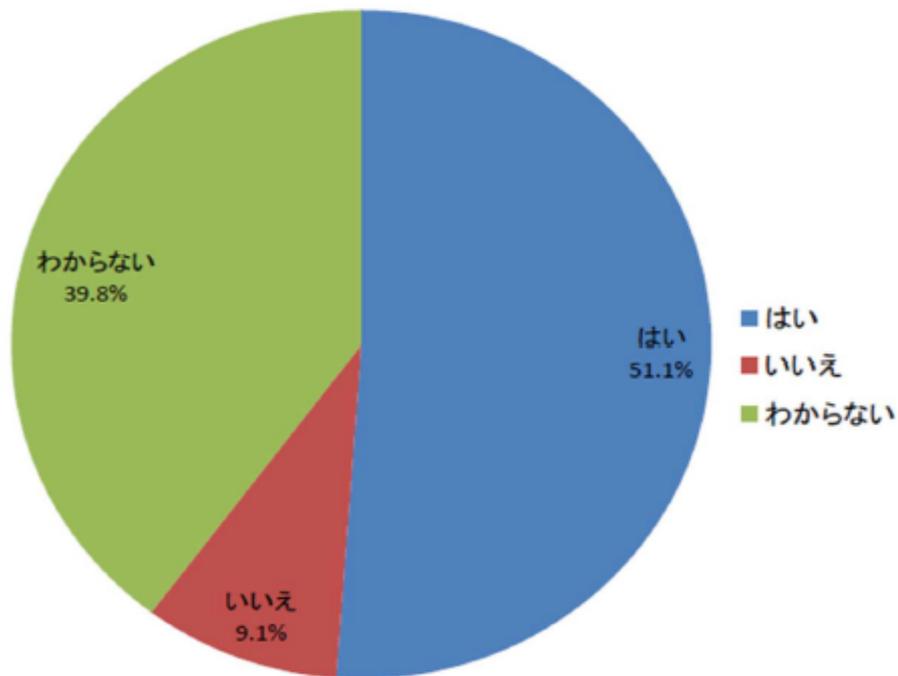


Fig.A.17: 災害用伝言サービスやメールを初めに使おうと思うか（全体）

A.5 今後の対策方法について

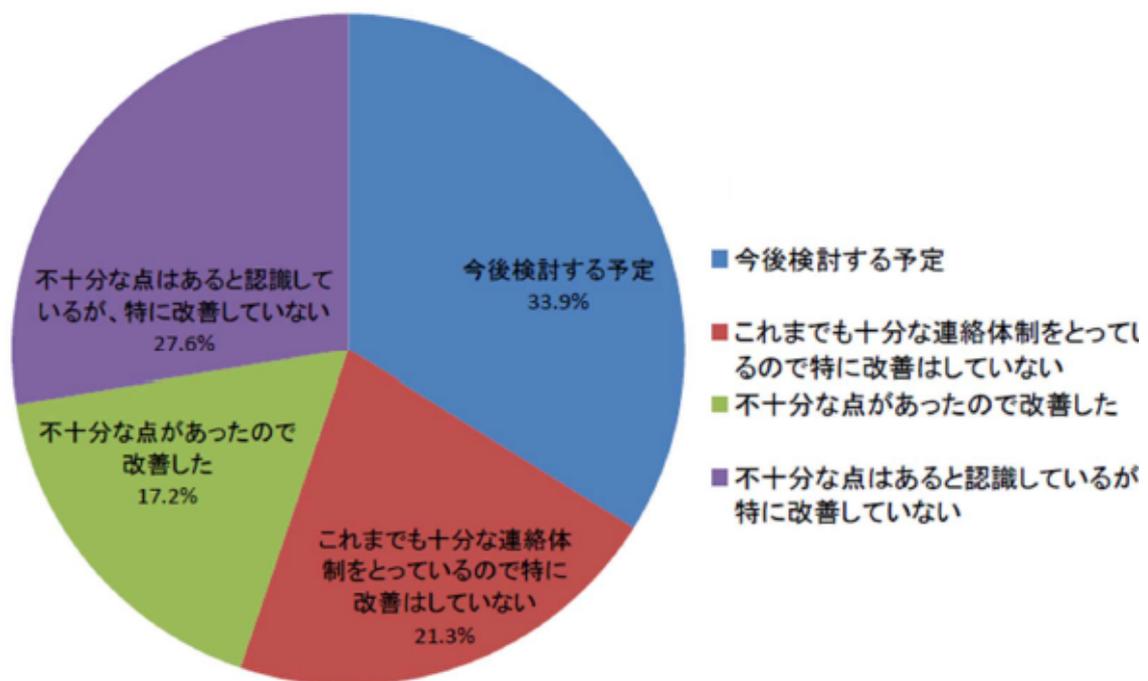


Fig.A.18: 連絡手段の確認・改善予定（全体）

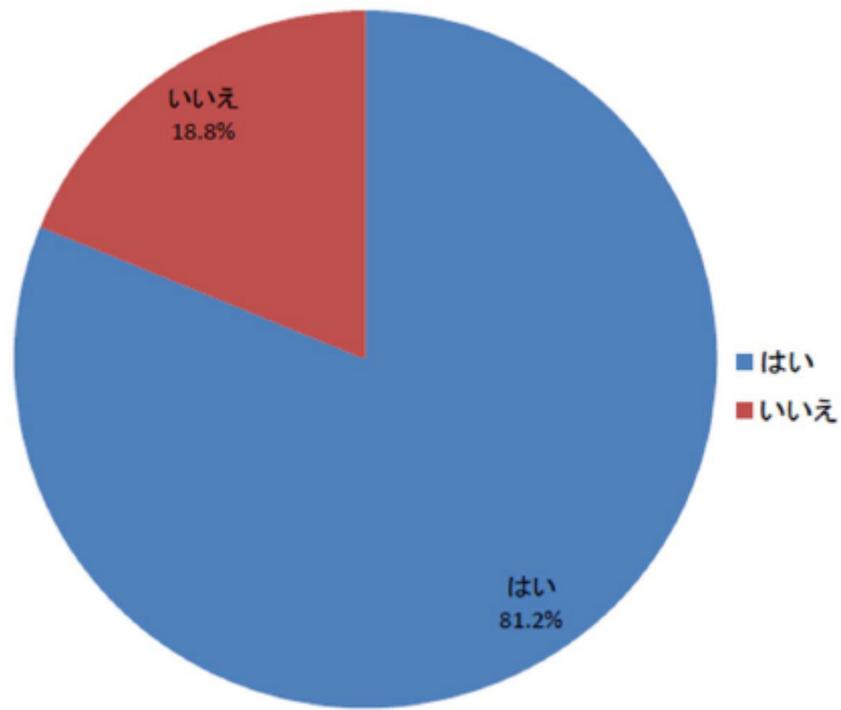


Fig.A.19:

災害時の対策・検討する予定の手段の中に、  
災害伝言サービスやメールの活用は含まれているのか(全体)

## 付録 B 本研究アンケート内容

## B1. 東日本大震災の連絡手段に関する質問

◆このアンケートは東日本大震災 当時の状況についてお伺いするものです◆

**Q1.** ①アンケートへの回答の任意性について

アンケートへの回答は任意です。アンケートへの参加を断ることにより不利益を被ることはありません。

## ②アンケートの回答に関する研究成果の公表について

本アンケートで得られた知見は、様々な学術的な場において公表します。

本研究で得られた知見等の知的財産については、研究代表者もしくは研究実施機関である東京大学に帰属します。

## ③個人情報の取り扱いについて

アンケート回答者の個人を特定できる情報は取得しません。

アンケートの回答に関する研究成果の公表に際しては、回答者全体としての統計的な情報に加え、

個々の回答者から得られた情報についても言及する場合がありますが、

その際も、具体的に個人を特定できない形で行います。

Fig.B.1: 前置き

**Q2.** あなたの性別をお答えください。

- 男性  
 女性

Fig.B.2: 性別の質問

**Q3.** あなたの年齢をお答えください。

- 10代以下  
 20代  
 30代  
 40代  
 50代  
 60代  
 70代以上

Fig.B.3: 年齢の質問

---

**Q4. あなたの職業をお答えください。**

---

- 会社員
- 公務員
- 自営業
- パート・アルバイト
- 専業主婦
- 学生
- 無職
- その他

Fig.B.4: 職業の質問

◆東日本大震災が発生した3月11日当時の状況についてお伺いします。◆

---

**Q5. あなたは東日本大震災が発生した3月11日の14:46から24:00まで、終日、東京23区内にいましたか。**

---

- はい
- いいえ

Fig.B.5: 状況質問

東日本大震災の連絡手段についてお伺いします。

---

**Q6. 東日本大震災が発生した3月11日の14:46から24:00までに使用した連絡手段をお答えください。(いくつでも)**

---

【音声通話】

- 固定電話
- 携帯電話、スマートフォンでの音声通話
- 公衆電話
- Skype

【メール】

- 携帯電話、スマートフォンでのメール
- 携帯電話、スマートフォンでのボイスメール
- パソコンメール

【災害伝言サービス】

- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言掲示板
- 固定電話での災害伝言ダイヤル
- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言ダイヤル

【SNS】

- mixi
- Twitter
- FaceBook

- その他
- この中にはない

Fig.B.6: 連絡手段の質問

---

**Q7.** 東日本大震災が発生した3月11日14:46から24:00まで、使用した連絡手段の中で役に立ったものをお答えください。  
(いくつでも)

---

- 固定電話
- 携帯電話、スマートフォンでの音声通話
- 公衆電話
- Skype
- 携帯電話、スマートフォンでのメール
- 携帯電話、スマートフォンでのボイスメール
- パソコンメール
- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言掲示板
- 固定電話での災害伝言ダイヤル
- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言ダイヤル
- mixi
- Twitter
- FaceBook
- その他【回答:q6.t14】
- 役に立ったものはない

Fig.B.7: 使用した連絡手段の質問

---

**Q8.** 東日本大震災が発生した当日14:46から24:00までで、一番、役に立った連絡手段は何ですか。  
**1つ**お選びください。

---

- 固定電話
- 携帯電話、スマートフォンでの音声通話
- 公衆電話
- Skype
- 携帯電話、スマートフォンでのメール
- 携帯電話、スマートフォンでのボイスメール
- パソコンメール
- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言掲示板
- 固定電話での災害伝言ダイヤル
- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言ダイヤル
- mixi
- Twitter
- FaceBook
- その他【回答:q6.t14】

Fig.B.8: 役立った連絡手段の質問

Q9. 東日本大震災発生日14:46から24:00までで、使用した連絡手段で満足したものをお答えください。(いくつでも)

- 固定電話
- 携帯電話、スマートフォンでの音声通話
- 公衆電話
- Skype
- 携帯電話、スマートフォンでのメール
- 携帯電話、スマートフォンでのボイスメール
- パソコンメール
- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言掲示板
- 固定電話での災害伝言ダイヤル
- 携帯電話、スマートフォンでの災害伝言ダイヤル
- mixi
- Twitter
- FaceBook
- その他【回答:q6.t14】
- 満足したものはなし

Fig.B.9: 満足した連絡手段の質問

Q10. 東日本大震災が発生した3月11日14:46から24:00までに使用した音声通話で、それぞれ掛けた先の通話手段にあてはまるものを全てお選びください。

		相手の通話手段				
		固定電話	携帯電話、スマートフォン	その他	わからない・覚えていない	
自分の通話手段	固定電話	→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	携帯電話、スマートフォン	→	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fig.B.10: 通話した相手先に関する質問

Q11. 東日本大震災が発生した日(14:46以降)、今から振り返って、当日、メールなどのテキストよりも肉声で相手の無事を確認したかったですか。

- はい  
 いいえ

Fig.B.11: 安否確認に関する質問

## B2. 東日本大震災の入カトラヒックに関する質問

【ご参考】東日本大震災が発生した3月11日の状況は下記の通りです。

### ■震災時地震速報・津波警報

14時46分頃 : 地震発生  
 14時49分 : M7.9(気象庁マグニチュード: 速報値)  
 15時33分 : 北海道・一部東北地方・一部関東地域に大津波警報  
 16時00分 : M8.4(気象庁マグニチュード: 暫定値)  
 16時08分 : 北海道・一部東北地方・一部関東地域に大津波警報  
 17時30分 : M8.8(モーメントマグニチュード)

### ■鉄道機関の状況

14時46分頃 : 地震発生後、全線、運転停止

### ■各種鉄道機関の運転再開時刻

20時38分 : 南北線  
 20時43分 : 日比谷線  
 20時48分 : 有楽町線  
 21時12分 : 銀座線  
 21時38分 : 千代田線  
 21時41分 : 東西線  
 22時00分 : 副都心線  
 3/11中に運転再開、正確な時刻は不明: 丸ノ内線、半蔵門線  
 3/12に運転再開: JR東日本全線

Fig.B.12: 地震速報と交通状況

Q12. 東日本大震災が発生した14:46から24:00まで、何人に電話をかけようと思いましたか。

【自分: 固定電話→相手: 固定電話】

人

【自分: 固定電話→相手: 携帯電話・スマートフォン】

人

【自分: 携帯電話・スマートフォン→相手: 固定電話】

人

【自分: 携帯電話・スマートフォン→相手: 携帯電話・スマートフォン】

人

Fig.B.13: 電話をかけた人数の質問

**Q13.** 電話をかけた人のうち、**普段から連絡している人(週1回以上)**、**あまり連絡しない人(東日本大震災の日のみ)**に電話をかけたのはそれぞれ何人ですか。

【自分:固定電話→相手:固定電話】

普段から連絡している人  人

あまり連絡しない人  人

※合計が【回答:q12.c1】人となるようお答えください。

【自分:固定電話→相手:携帯電話・スマートフォン】

普段から連絡している人  人

あまり連絡しない人  人

※合計が【回答:q12.c2】人となるようお答えください。

【自分:携帯電話・スマートフォン→相手:固定電話】

普段から連絡している人  人

あまり連絡しない人  人

※合計が【回答:q12.c3】人となるようお答えください。

【自分:携帯電話・スマートフォン→相手:携帯電話・スマートフォン】

普段から連絡している人  人

あまり連絡しない人  人

※合計が【回答:q12.c4】人となるようお答えください。

Fig.B.14: 普段から連絡している、あまり連絡しない人に対する人数の質問

**Q14.** **普段から連絡している人(週1回以上)**のうち3月11日中に電話がつながった人数、電話がつながらなかった人数をそれぞれお答えください。

※電話がつながった人数には、3月11日中に最終的につながった人数をお答え下さい。

【自分:固定電話→相手:固定電話】

つながった人数  人

つながらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c1】人となるようお答えください。

【自分:固定電話→相手:携帯電話・スマートフォン】

つながった人数  人

つながらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c3】人となるようお答えください。

【自分:携帯電話・スマートフォン→相手:固定電話】

つながった人数  人

つながらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c5】人となるようお答えください。

【自分:携帯電話・スマートフォン→相手:携帯電話・スマートフォン】

つながった人数  人

つながらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c7】人となるようお答えください。

Fig.B.15: 電話が繋がった、繋がらなかった相手に対する人数の質問  
(普段から連絡している人)

**Q15. あまり連絡しない人(東日本大震災の日のみ)**のうち3月11日中に電話がつながった人数電話が繋がらなかった人数をそれぞれお答えください。

※電話がつながった人数には、3月11日中に最終的につながった人数をご記入ください。

【自分:固定電話→相手:固定電話】

つながった人数  人

繋がらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c2】人となるようお答えください。

【自分:固定電話→相手:携帯電話・スマートフォン】

つながった人数  人

繋がらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c4】人となるようお答えください。

【自分:携帯電話・スマートフォン→相手:固定電話】

つながった人数  人

繋がらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c6】人となるようお答えください。

【自分:携帯電話・スマートフォン→相手:携帯電話・スマートフォン】

つながった人数  人

繋がらなかった人数  人

※合計が【回答:q13.c8】人となるようお答えください。

Fig.B.16: 電話が繋がった、繋がらなかった相手の人数質問 (あまり連絡しない人)

【自分：固定電話から相手：固定電話】

普段から連絡している人(週1回以上)で電話がつながった人についてお伺いします。

**Q16. 電話をかけた時間帯を記憶にある範囲でいいので全てお選びください。**

※5人以上にかけた方は5人目までお答えください。

※電話をかけた順に時間をお答え下さい。

	1人目	2人目	3人目	4人目	5人目
	↓	↓	↓	↓	↓
地震直後14:46頃	<input type="checkbox"/>				
15:00～	<input type="checkbox"/>				
15:30～	<input type="checkbox"/>				
16:00～	<input type="checkbox"/>				
16:30～	<input type="checkbox"/>				
17:00～	<input type="checkbox"/>				
17:30～	<input type="checkbox"/>				
18:00～	<input type="checkbox"/>				
18:30～	<input type="checkbox"/>				
19:00～	<input type="checkbox"/>				
19:30～	<input type="checkbox"/>				
20:00～	<input type="checkbox"/>				
20:30～	<input type="checkbox"/>				
21:00～	<input type="checkbox"/>				
21:30～	<input type="checkbox"/>				
22:00～	<input type="checkbox"/>				
22:30～	<input type="checkbox"/>				
23:00～	<input type="checkbox"/>				
23:30～	<input type="checkbox"/>				
24:00以降	<input type="checkbox"/>				

Fig.B.17: 電話をかけた時間帯の質問  
(普段から連絡している人且、電話が繋がった)

【自分:固定電話から相手:固定電話】

普段から連絡している人(週1回以上)で電話が繋がらなかった人についてお伺いします。

**Q17. 電話をかけた時間帯を記憶にある範囲でいいので全てお選びください。**  
 ※5人以上にかけた方は5人目までお答えください。  
 ※電話をかけた順に時間をお答え下さい。

	1 人 目	2 人 目	3 人 目	4 人 目	5 人 目
	↓	↓	↓	↓	↓
地震直後14:46頃	<input type="checkbox"/>				
15:00～	<input type="checkbox"/>				
15:30～	<input type="checkbox"/>				
16:00～	<input type="checkbox"/>				
16:30～	<input type="checkbox"/>				
17:00～	<input type="checkbox"/>				
17:30～	<input type="checkbox"/>				
18:00～	<input type="checkbox"/>				
18:30～	<input type="checkbox"/>				
19:00～	<input type="checkbox"/>				
19:30～	<input type="checkbox"/>				
20:00～	<input type="checkbox"/>				
20:30～	<input type="checkbox"/>				
21:00～	<input type="checkbox"/>				
21:30～	<input type="checkbox"/>				
22:00～	<input type="checkbox"/>				
22:30～	<input type="checkbox"/>				
23:00～	<input type="checkbox"/>				
23:30～	<input type="checkbox"/>				
24:00以降	<input type="checkbox"/>				

Fig.B.18: 電話をかけた時間帯の質問  
 (普段から連絡している人且、電話が繋がらなかった)

【自分:固定電話から相手:固定電話】

あまり連絡しない人(東日本大震災の日のみ)で電話がつながった人についてお伺いします。

**Q18.** 電話をかけた時間帯を記憶にある範囲でいいので全てお選びください。

※5人以上にかけた方は5人目までお答えください。

※電話をかけた順に時間をお答え下さい。

	1 人 目	2 人 目	3 人 目	4 人 目	5 人 目
	↓	↓	↓	↓	↓
地震直後14:46頃	<input type="checkbox"/>				
15:00～	<input type="checkbox"/>				
15:30～	<input type="checkbox"/>				
16:00～	<input type="checkbox"/>				
16:30～	<input type="checkbox"/>				
17:00～	<input type="checkbox"/>				
17:30～	<input type="checkbox"/>				
18:00～	<input type="checkbox"/>				
18:30～	<input type="checkbox"/>				
19:00～	<input type="checkbox"/>				
19:30～	<input type="checkbox"/>				
20:00～	<input type="checkbox"/>				
20:30～	<input type="checkbox"/>				
21:00～	<input type="checkbox"/>				
21:30～	<input type="checkbox"/>				
22:00～	<input type="checkbox"/>				
22:30～	<input type="checkbox"/>				
23:00～	<input type="checkbox"/>				
23:30～	<input type="checkbox"/>				
24:00以降	<input type="checkbox"/>				

Fig.B.19: 電話をかけた時間帯の質問  
(あまり連絡しない人且、電話が繋がった)

【自分：固定電話から相手：固定電話】

あまり連絡しない人(東日本大震災の日のみ)で電話が繋がらなかった人についてお伺いします。

**Q19. 電話をかけた時間帯を記憶にある範囲でいいので全てお選びください。**

※5人以上にかけた方は5人目までお答えください。

※電話をかけた順に時間をお答え下さい。

	1 人 目	2 人 目	3 人 目	4 人 目	5 人 目
	↓	↓	↓	↓	↓
地震直後14:46頃	<input type="checkbox"/>				
15:00～	<input type="checkbox"/>				
15:30～	<input type="checkbox"/>				
16:00～	<input type="checkbox"/>				
16:30～	<input type="checkbox"/>				
17:00～	<input type="checkbox"/>				
17:30～	<input type="checkbox"/>				
18:00～	<input type="checkbox"/>				
18:30～	<input type="checkbox"/>				
19:00～	<input type="checkbox"/>				
19:30～	<input type="checkbox"/>				
20:00～	<input type="checkbox"/>				
20:30～	<input type="checkbox"/>				
21:00～	<input type="checkbox"/>				
21:30～	<input type="checkbox"/>				
22:00～	<input type="checkbox"/>				
22:30～	<input type="checkbox"/>				
23:00～	<input type="checkbox"/>				
23:30～	<input type="checkbox"/>				
24:00以降	<input type="checkbox"/>				

Fig.B.20: 電話をかけた時間帯の質問  
(あまり連絡しない人且、電話が繋がらなかった)

Fig.B.17～Fig.B.20 と同様の質問を自分：固定電話から相手：携帯電話、自分：携帯電話から相手：固定電話、自分：携帯電話から相手：携帯電話について行った。