地震工学会避難研究会

大都市における避難時の課題

名古屋大学准教授　廣井　悠

2013年4月5日(金)

自己紹介　-都市防災が専門分野-

廣井　悠　/　U HIROI

減災連携研究センター　/　Disaster Mitigation Research center

准教授 / Associate Professor

都市＋安全＋人間

・市街地火災 ・津波火災 ・消防防災 ・文化財防災 ・住宅防火	火災	・帰宅困難者 ・市街地避難 ・建物避難 ・災害情報 ・人間行動	避難
・Operations Research ・社会調査 ・統計分析 ・経営工学	methodology	・都市計画 ・地震保険 ・都市解析 ・大都市防災 ・市街地復興	都市防災

<u>都市避難関係の最近の仕事</u>

・東京都中央区
・名古屋市
・大阪府大阪市
・気仙沼市
・東京消防庁
・原発広域避難

3.11の首都圏が示唆する「リスク」は何だろうか?

2011年3月11日の実際

- これまでにない大量の帰宅困難者が発生

青山学院(写真：朝日新聞)

本郷通り(写真：廣井)

新宿駅(写真：産経新聞)

新宿駅(写真：産経新聞)

アンケート調査の概要

帰宅困難者に関するアンケートを行った

- 調査地域 ： 首都圏(東京都，神奈川県，千葉県，埼玉県)
- 調査対象 ： 調査地域に居住する20 歳以上で地震発生時に首都圏にいた人
- 調査方法 ： インターネット調査（モニタに対するクローズド調査）
- 調査期間 ： 平成23 年3 月25 日（金）～3 月28 日（月）
- 調査内容 ： 地震当日の帰宅状況，安否確認，OD など
- 回答数 ： 2,026サンプル（都県×性年代の均等割付目標）
- 調査主体 ： (株)サーベイリサーチセンター，東洋大学関谷直也，東京大学廣井悠

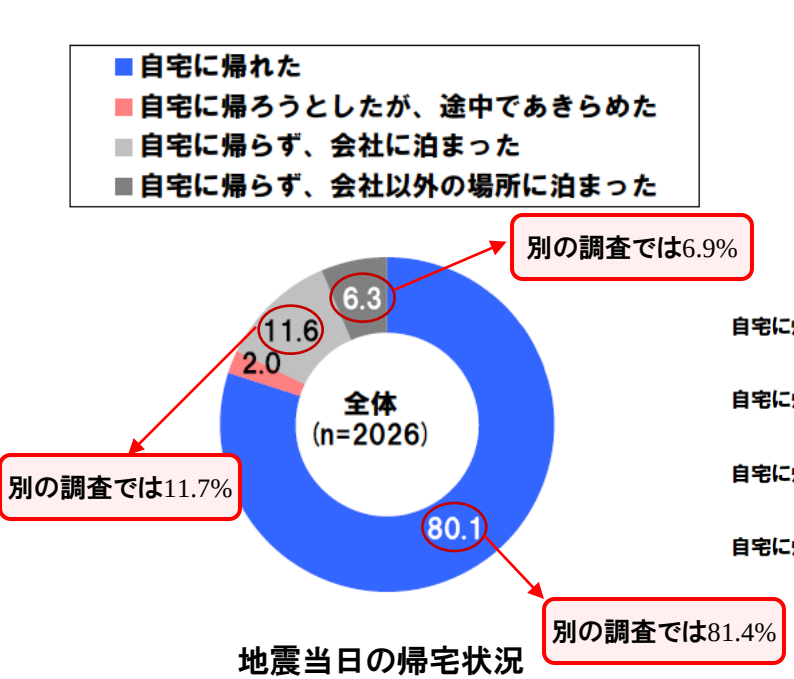
東京駅(写真：産経新聞)

新宿駅(写真：産経新聞)

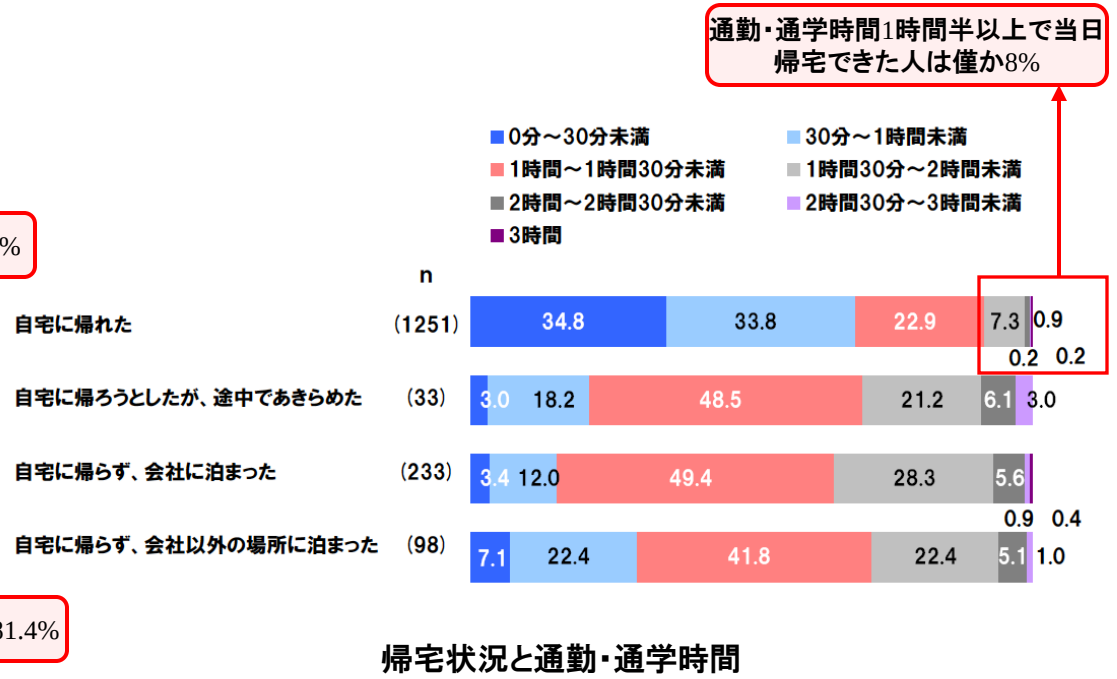
アンケート調査の概要

地震当日の帰宅状況

- 当日帰宅できた人は全体の80%(うち東京では67.8%)
- 他の調査ともある程度の一致が見られた
- 知り合いなど，会社以外の所に泊まった人も多い



地震当日の帰宅状況



帰宅状況と通勤・通学時間

アンケート調査の概要

帰宅に関する判断材料

- 自宅に帰ろうとして諦めた人は「交通機関を利用して帰れそう」と思っていた
- 家族と連絡は取れたが心配で帰宅を試みた人も多かった
- 素早い交通機関の復旧・運休情報が帰宅の判断に影響

帰宅を決心したきっかけ

	調査数	交通機関を利用して帰れそうだったから	自宅までの距離から、徒歩でも帰れそうだったから	自宅に帰ってやるべきことがあったから	職場と連絡がとれなかったから	家族と連絡がとれなく心配だったから	家族と連絡はとれたが心配だったから	その他	なんとなく
全体	1663	328	705	271	15	194	201	284	60
	100.0	19.7	42.4	16.3	0.9	11.7	12.1	17.1	3.6
居住地区									
東京都	434	81	245	57	2	42	43	65	10
	100.0	18.7	56.5	13.1	0.5	9.7	9.9	15.0	2.3
神奈川県	419	90	179	59	2	50	45	75	11
	100.0	21.5	42.7	14.1	0.5	11.9	10.7	17.9	2.6
埼玉県	403	91	131	77	5	50	60	69	16
	100.0	22.6	32.5	19.1	1.2	12.4	14.9	17.1	4.0
千葉県	407	66	150	78	6	52	53	75	23
	100.0	16.2	36.9	19.2	1.5	12.8	13.0	18.4	5.7
地震当日の帰宅状況									
自宅に帰れた	1623	312	702	268	15	190	195	275	56
	100.0	19.2	43.3	16.5	0.9	11.7	12.0	16.9	3.5
自宅に帰ろうとしたが、途中であきらめた	40	16	3	3	-	4	6	9	4
	100.0	40.0	7.5	7.5	-	10.0	15.0	22.5	10.0
自宅に帰らず、会社に泊まった	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
自宅に帰らず、会社以外の場所に泊まった	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-

上段：件数／下段：%

帰宅しないことを決心したきっかけ

	調査数	交通機関の復旧の目処が立たなかったから	徒歩で自宅まで帰るのは難しいから	急いでやるべきことがなかったから	職場や家族と連絡が取れたから	食料や飲料水、休憩・就寝場所などを確保できたから	その他	特にない
全体	403	311	197	19	84	74	63	12
	100.0	77.2	48.9	4.7	20.8	18.4	15.6	3.0
居住地区								
東京都	77	58	32	2	20	13	16	-
	100.0	75.3	41.6	2.6	26.0	16.9	20.8	-
神奈川県	92	72	42	7	16	18	18	1
	100.0	78.3	45.7	7.6	17.4	19.6	19.6	1.1
埼玉県	114	91	66	5	25	19	8	3
	100.0	79.8	57.9	4.4	21.9	16.7	7.0	2.6
千葉県	120	90	57	5	23	24	21	8
	100.0	75.0	47.5	4.2	19.2	20.0	17.5	6.7
地震当日の帰宅状況								
自宅に帰れた	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
自宅に帰ろうとしたが、途中であきらめた	40	18	16	1	3	5	2	9
	100.0	45.0	40.0	2.5	7.5	12.5	5.0	22.5
自宅に帰らず、会社に泊まった	235	196	126	10	57	47	39	1
	100.0	83.4	53.6	4.3	24.3	20.0	16.6	0.4
自宅に帰らず、会社以外の場所に泊まった	128	97	55	8	24	22	22	2
	100.0	75.8	43.0	6.3	18.8	17.2	17.2	1.6

上段：件数／下段：%

迅速な運休情報が無理な帰宅を抑制

連絡が取れても心配で帰っている

とはいえ安否確認は安心して留まるためには必要

アンケート調査の概要

安否確認

- 災害用伝言ダイヤル(171)を利用しようとした人はわずかに6.4%
- 171を使おうとしたが通じなかった場合もあった

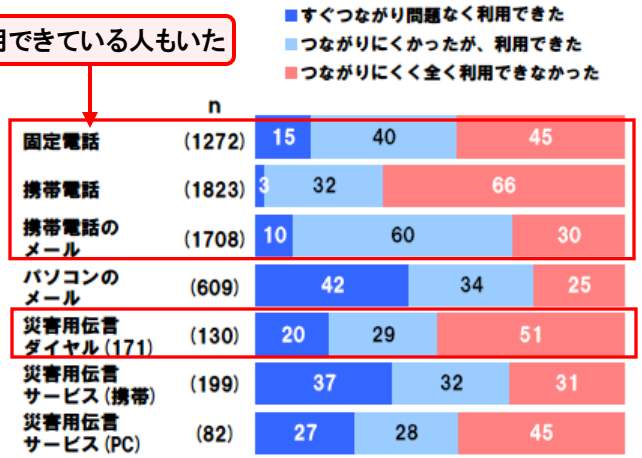
家族や知人との連絡手段

調査数	固定電話			携帯電話			携帯電話のメール			パソコンのメール		
	利用しようとした	利用しようとしたがつながった	利用の仕方がわからなかった	利用しようとした	利用しようとしたがつながった	利用の仕方がわからなかった	利用しようとした	利用しようとしたがつながった	利用の仕方がわからなかった	利用しようとした	利用しようとしたがつながった	利用の仕方がわからなかった
2026	1272	745	9	1823	200	3	1708	306	12	609	1388	29
100.0	62.8	36.8	0.4	90.0	9.9	0.1	84.3	15.1	0.6	30.1	68.5	1.4

調査数	災害用伝言ダイヤル（171）			災害用伝言サービス（携帯）			災害用伝言サービス（PC）		
	利用しようとした	利用しようとしたがつながった	利用の仕方がわからなかった	利用しようとした	利用しようとしたがつながった	利用の仕方がわからなかった	利用しようとした	利用しようとしたがつながった	利用の仕方がわからなかった
2026	130	1515	381	199	1435	392	82	1557	387
100.0	6.4	74.8	18.8	9.8	70.8	19.3	4.0	76.9	19.1

上段：件数／下段：%

なんだかんだで利用できている人もいた



当日のつながり具合

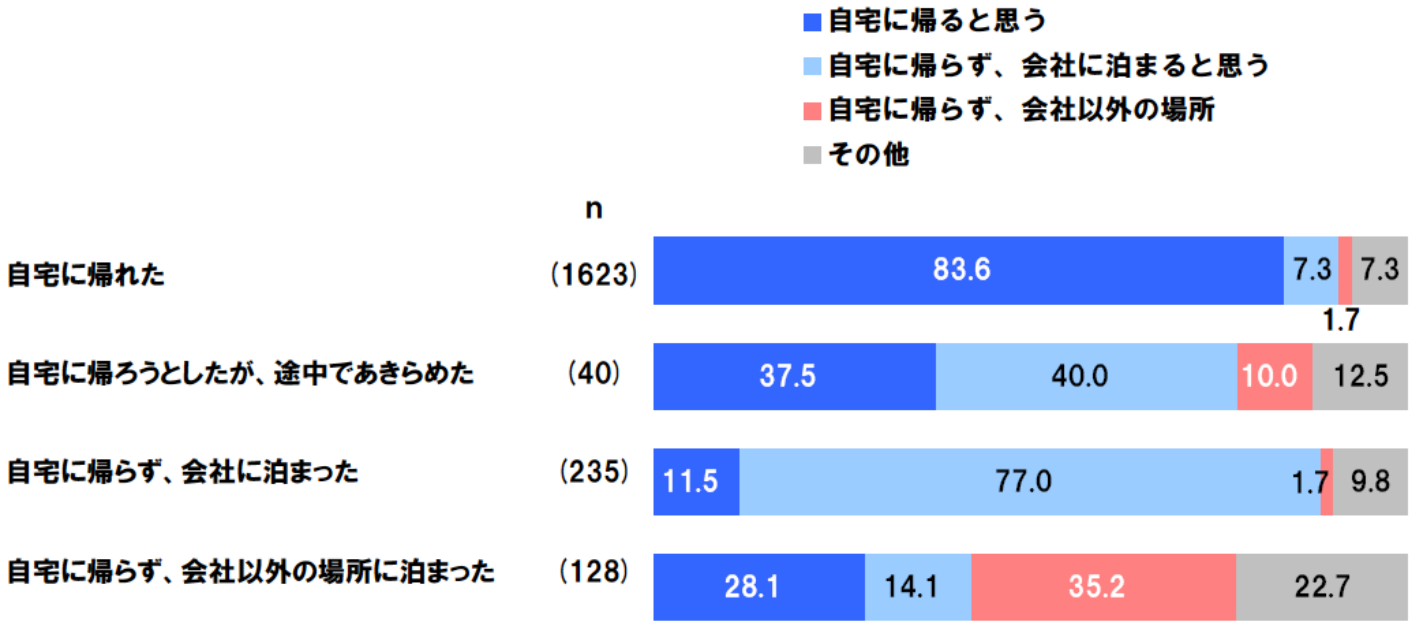
災害用伝言ダイヤルは
お互いが利用する･できる
という合意が必要
→事前の話し合い
や確認が重要

東京駅

アンケート調査の概要

次に同じ状況になったら

- 自宅に帰れた人の83.6%がもう一度同じ行動をとると回答
- 会社に泊まった人は77.0%がもう一度同じ行動をとると回答
- 自宅に帰らず会社以外の場所に帰った人で同じ行動をとるのは35.2%



今後こういう状況になったらどうなるか

2012年4月爆弾低気圧での帰宅困難

2012年4月3日に爆弾低気圧(bomb cyclone)が発生

- 4月2日に中国の黄海沿岸で発生し，4月3日の朝に日本海に到達
- 台風並みの巨大な低気圧で，広い範囲で瞬間風速30m以上を記録
- これによって全国で5名が死亡，350人以上が重軽傷を負う
- 首都圏では低気圧の直撃が帰宅ラッシュの時間を襲い，鉄道の運休や飛行機の欠航が相次ぎ多数の乗客の足を止めることとなった

約1年前の2011年3月11日の首都圏に酷似(「東日本大震災から1年」を検証する絶好のタイミング)

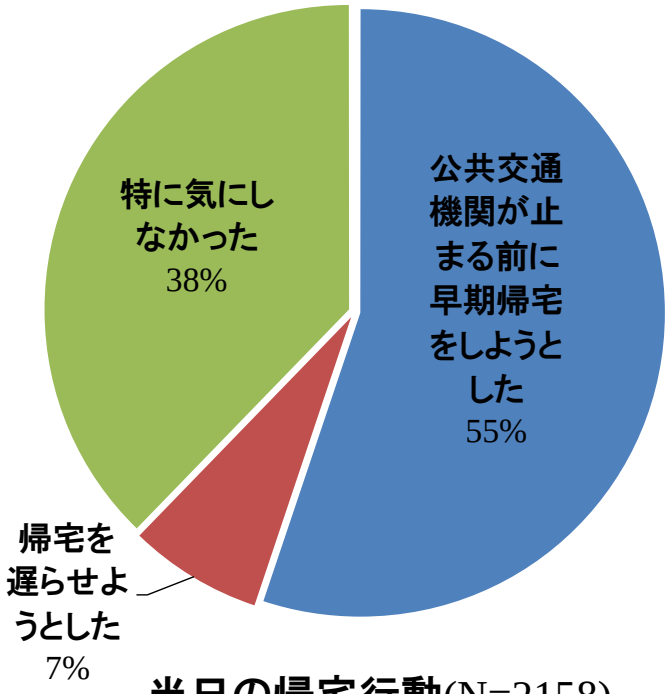
朝日新聞より

You Tubeより

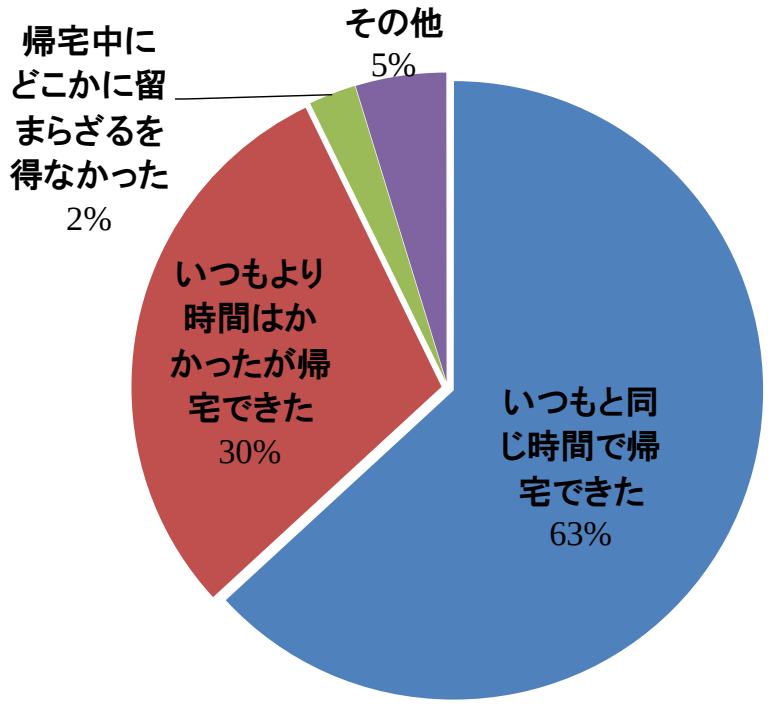
爆弾低気圧時の帰宅状況と指示について

当日の帰宅行動とその結果

- 当日の帰宅行動として半数程度が早期帰宅をしようとしていた
- 特に帰宅行動を気にしなかった人は4割ほどであった
- 結果としていつもより時間がかかったが帰宅できた人が30%いた
- 帰宅中にどこかにとどまらざるを得なかった人もわずかながらいた



当日の帰宅行動(N=2158)

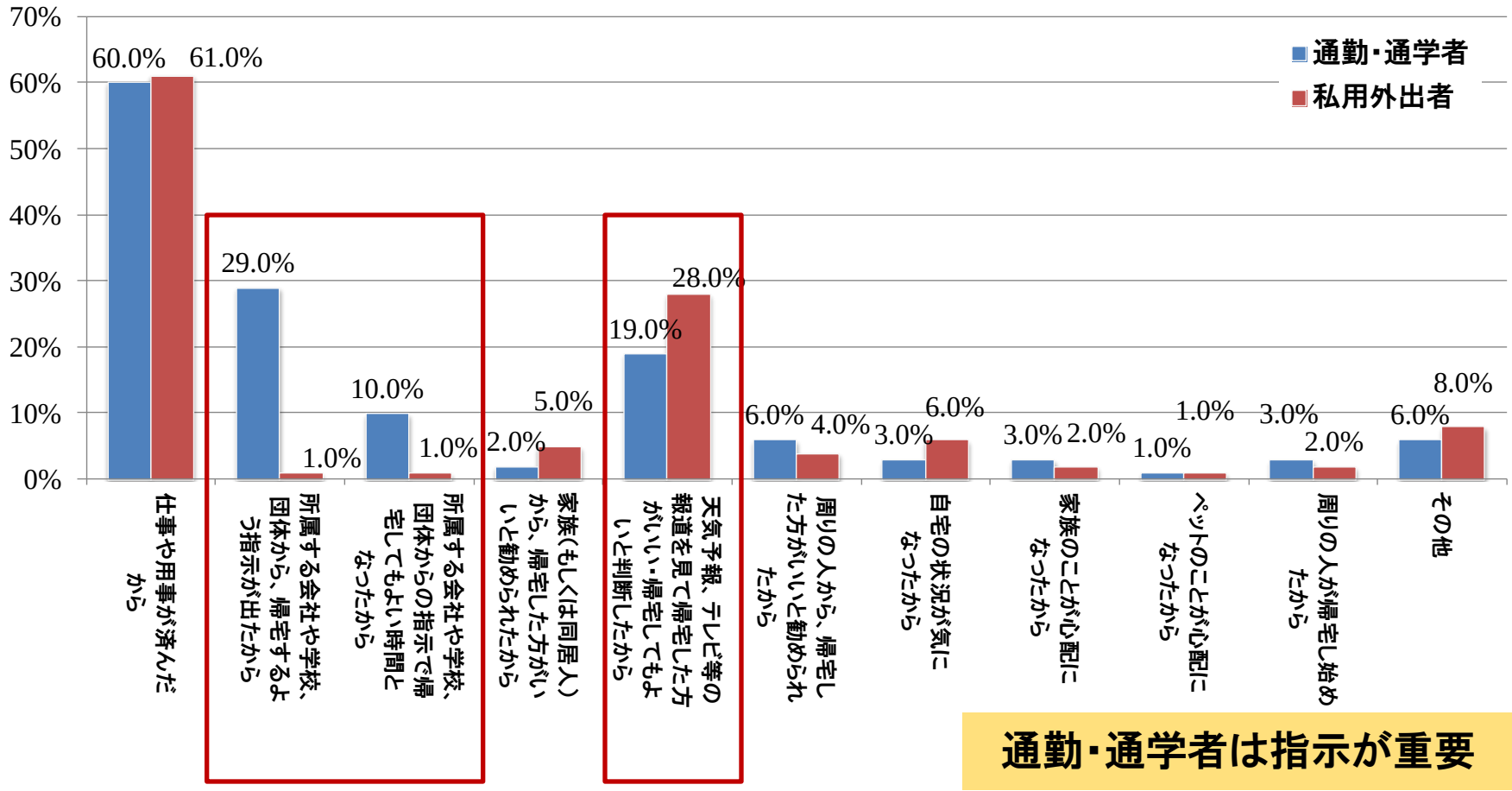


当日の帰宅時間(N=2158)

爆弾低気圧時の帰宅状況と指示について

外出目的別の帰宅判断のきっかけ

- 通勤・通学者は会社の指示が帰宅のきっかけとなっていることが多く
  私用外出者より予報や報道による自己の判断がきっかけとなりにくい

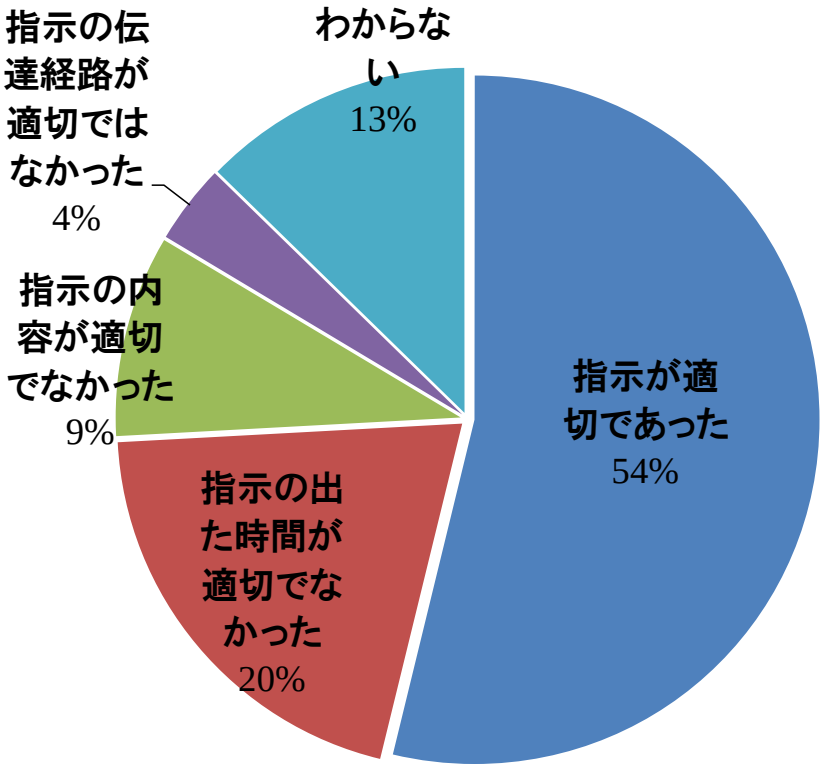


帰宅しようとしたきっかけ(複数回答，通勤・通学者N=1722，私用外出者N=436)

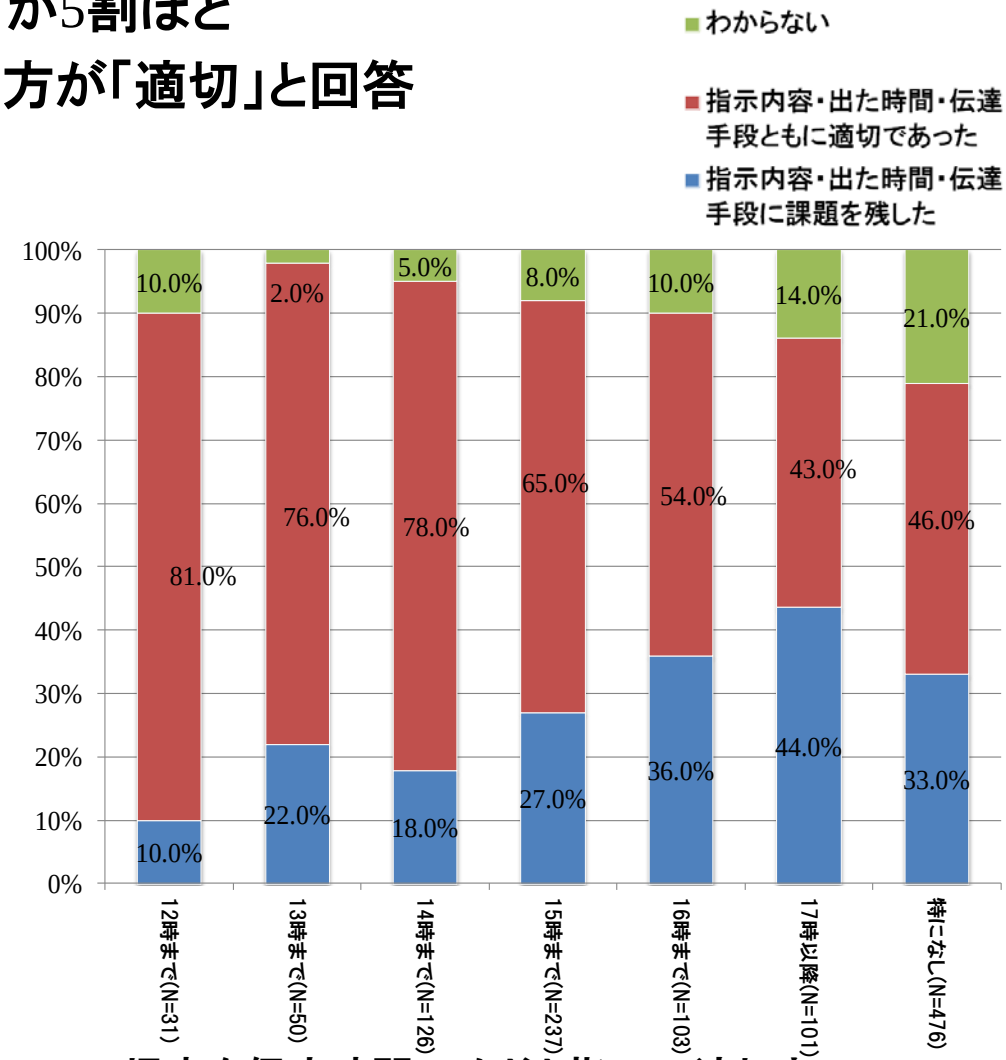
爆弾低気圧時の帰宅状況と指示について

指示の内容は適切であったか?

- 適切な指示を出せたのはわずか5割ほど
- 帰宅を促す時間のめどが早い方が「適切」と回答



指示は適切であったか(N=1157)

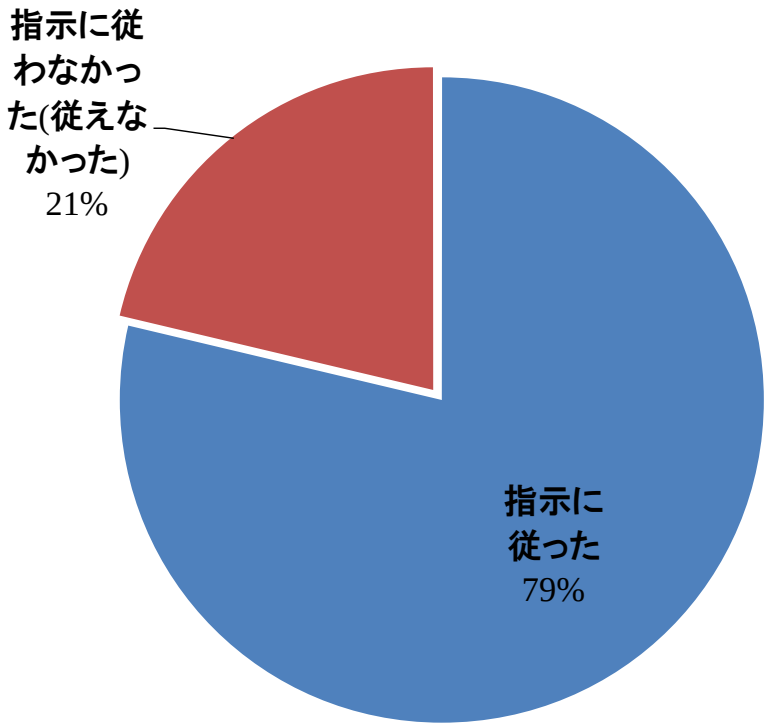


帰宅を促す時間のめどと指示の適切さ(N=1157)

爆弾低気圧時の帰宅状況と指示について

社員・学生は帰宅に関する指示に従ったか?

- 約2割の人が企業・団体の帰宅に関する指示に従っていない
- 指示に従わなかった人は何をきっかけとして帰宅しているかというと，用事が済んだからが79.0%(指示に従った人は40.6%)，天気予報などで帰宅した方が良いと思ったからが13.0%(指示に従った人は26.1%)



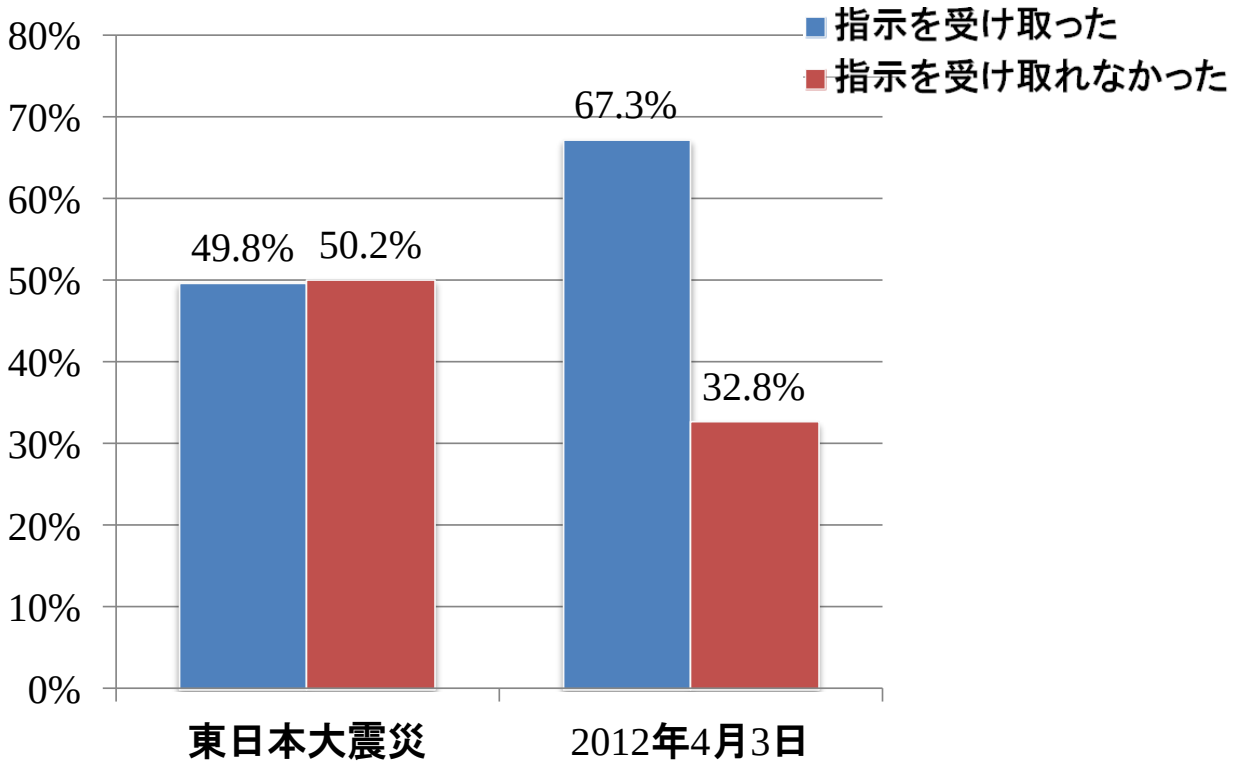
指示に従ったか(N=1157)

指示に従わなかった人は用事(仕事)をしていた?

爆弾低気圧と東日本大震災との比較(1)

帰宅に関する指示を受け取った人はどの程度変化したか

- 東日本大震災の状況と爆弾低気圧の状況はかなり違うとはいえ指示を受け取った人は増加している(ただし東日本大震災時に従事していない人を除く)

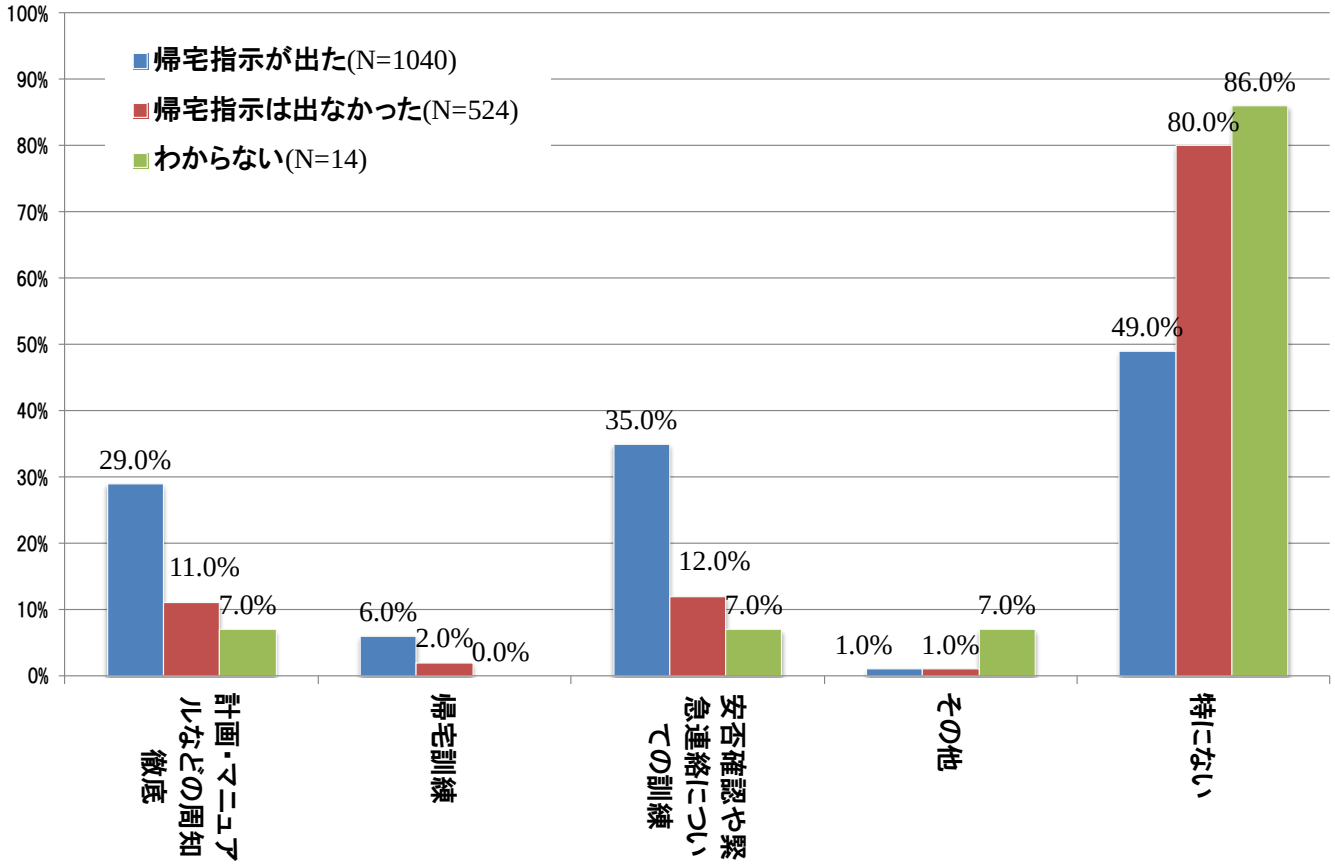


帰宅に関する指示を受け取ったか(東日本大震災はN=1722，2012年4月3日はN=1568)

「東日本大震災以降」の対策効果

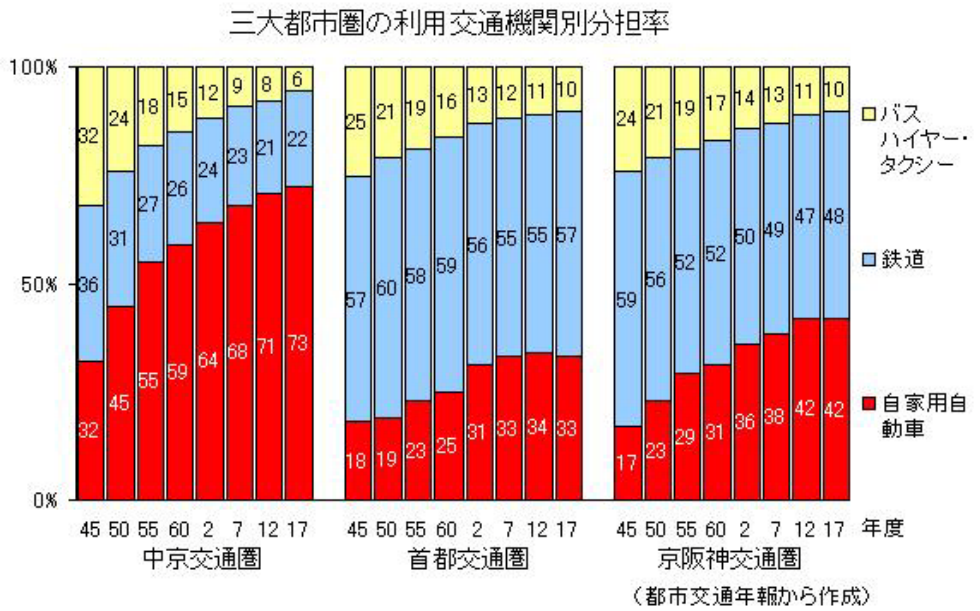
帰宅困難を想定した計画や訓練の準備状況は?

- 各社で帰宅困難に関するマニュアルや訓練が充実しはじめている
- それらのマニュアルや訓練の効果が今回出ているところもある
- 一方で「特に準備していない」という回答も約60%ある



帰宅困難を想定したマニュアルや訓練(帰宅に関する指示別, N=1578)

帰宅困難者と都市避難



廣井の調査データなどを用いて，杉山裕一(名大)，山本俊行(名大)，金森亮(名工大)，廣井で論文作成
(杉山，山本，金森，廣井：名古屋都市圏における広域災害発生時の交通渋滞に関する分析，土木計画学，2012)

中京圏の帰宅困難者数の把握

□ 中京圏の人は災害直後どのように行動するか

- 中京都市圏に12時台に外出している**約596万人**に適用
- 通勤通学者は**5肢選択モデル**，非通勤通学者は**3肢選択モデル**を適用
- 情報取得が意思決定に及ぼす影響をそれぞれ定量的に算出する為に**通信媒体と安否確認とに分けて算出**

中京都市圏内での地震時の各手段別人数と割合の比（上：人数（人），下：割合（%））

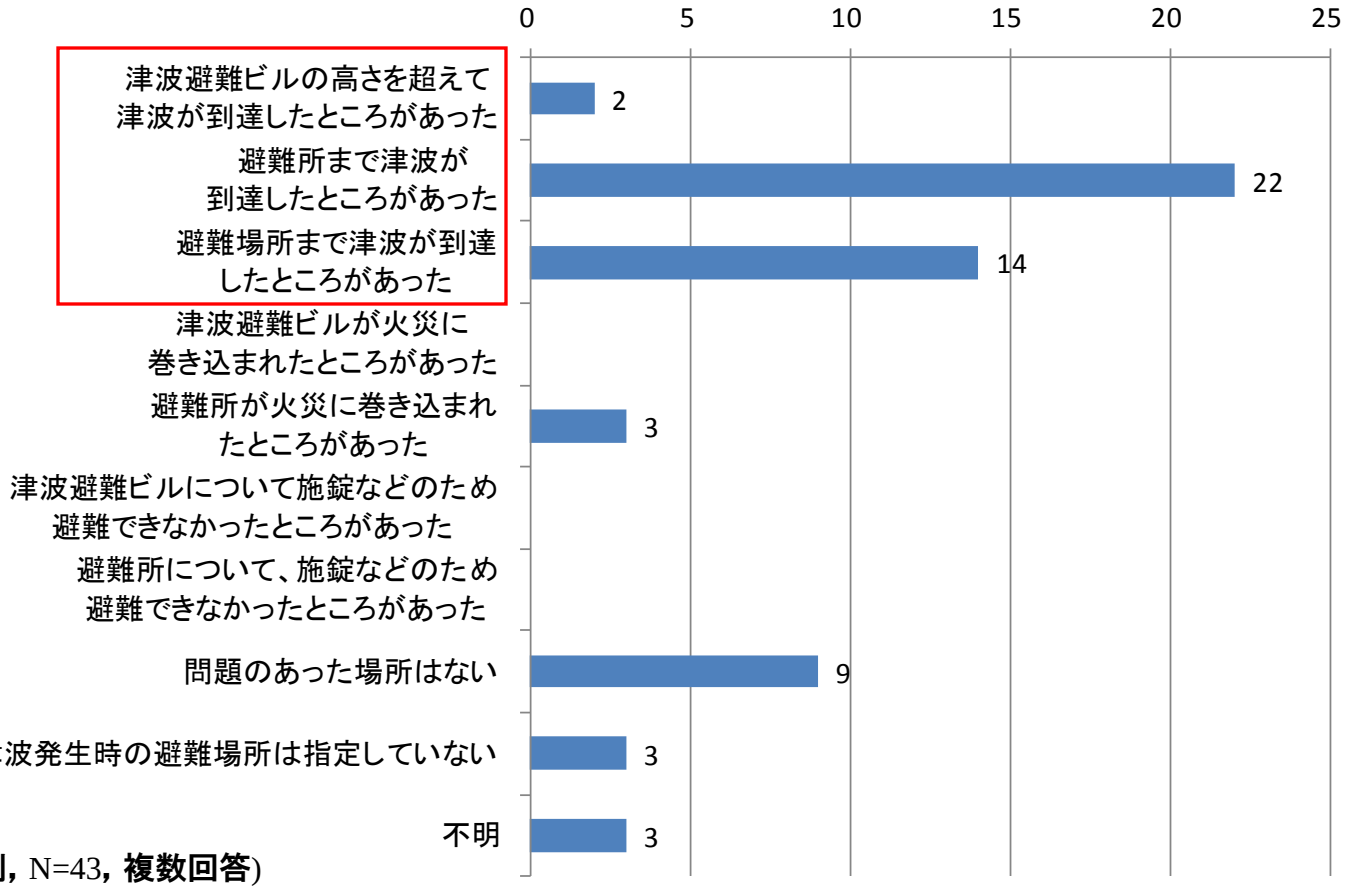
通信媒体の利用	家族への連絡	自動車	迎え交通	自転車	徒歩	滞留
利用有り	連絡有り	2,723,049	677,511	587,444	1,169,275	955,209
		44.5	11.1	9.6	19.1	15.6
利用有り	連絡無し	2,882,878	768,220	594,278	1,298,494	568,619
		47.2	12.6	9.7	21.2	9.3
利用無し	連絡有り	2,908,131	794,078	595,235	1,348,611	466,434
		47.6	13.0	9.7	22.1	7.6
利用無し	連絡無し	2,972,842	854,770	597,535	1,435,650	251,692
		48.6	14.0	9.8	23.5	4.1

•自動車利用が非常に多い(送迎含む)
•何もしないと25万人(4.1%)しか滞留しないが安否確認と適切な情報提供で95万人(15.6%)の滞留が可能

避難所などでの問題点：東日本被災自治体

避難所などでの問題点(1)

- 津波避難ビル指定自治体の12.5%がその高さを越えた津波
- 避難所指定自治体の55.0%が避難所へ津波到達
- 避難場所指定自治体の30.8%が避難場所へ津波到達

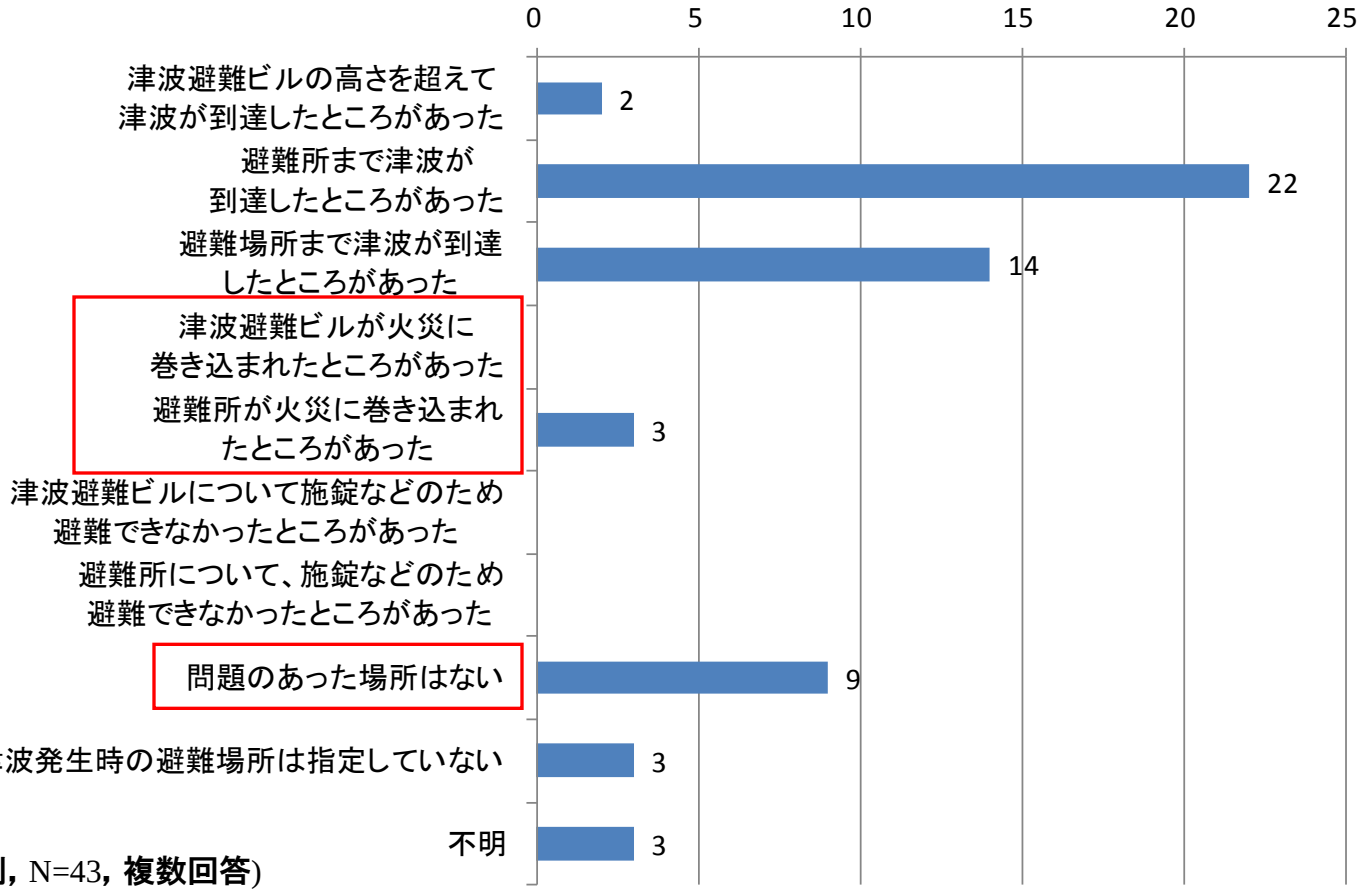


避難場所での問題点(県別，N=43，複数回答)

避難所などでの問題点：東日本被災自治体

避難所などでの問題点(2)

- 津波避難ビルが火災に巻き込まれなかったが．．．
- 避難所が火災に巻き込まれた例は7.5%
- 避難場所，避難所，津波避難ビルに問題なかった自治体は22.5%
  - これらの被害は宮城・岩手でより顕著



避難場所での問題点(県別，N=43，複数回答)

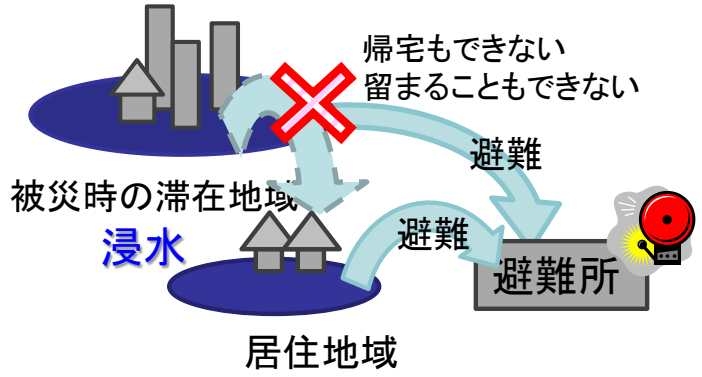
中京圏の帰宅・津波避難シミュレーション

シミュレーションの条件

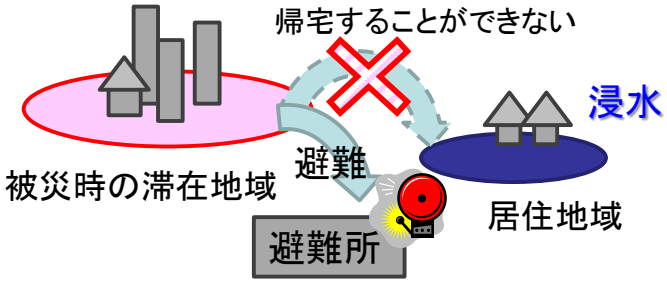
- ◆ 発災時刻　平日12時を想定
- ◆ 対象者　自動車帰宅者＋津波からの避難者
- ◆ 対象交通手段　自動車と迎え交通　（全避難者の51%*が自動車利用）
- ◆ 行動開始のタイミング　帰宅者→全員が災害後一斉に帰宅開始
  避難者→全員が災害後5分後に避難開始
- ◆ 道路閉塞　国道以外の1車線道路→容量を減少
  多車線道路→1車線分減少
- ◆ 高速道路　使用不可

避難・帰宅行動

すぐに避難が必要：避難者



帰宅先が浸水：帰宅断念者



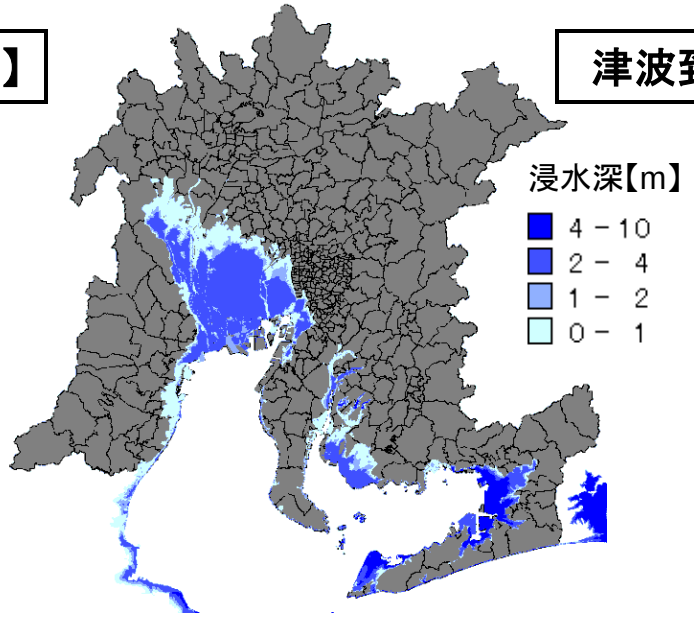
それ以外の人は帰宅すると仮定

中京圏の帰宅・津波避難シミュレーション

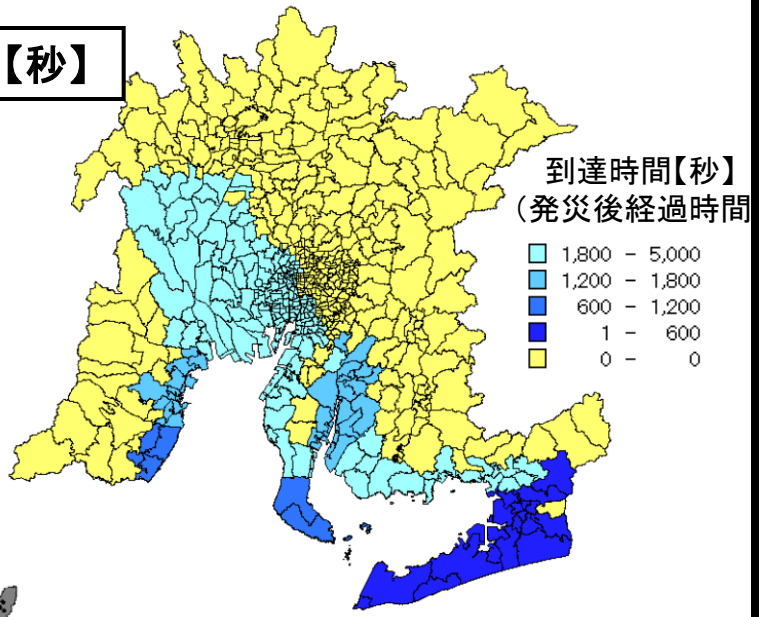
《浸水データ》

中央防災会議にて算出した三連動地震時の浸水深と津波到達時間

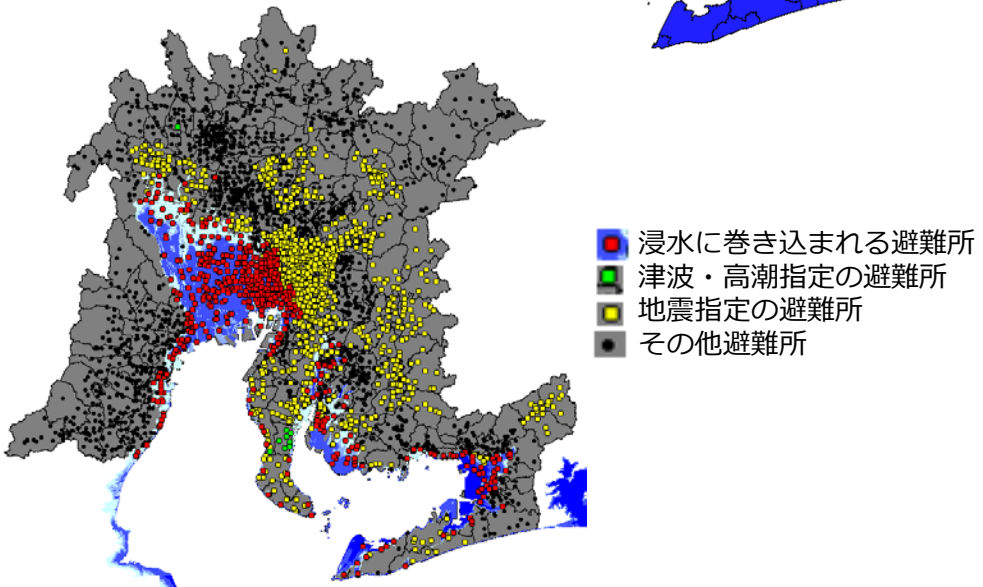
浸水深【m】



津波到達時間【秒】



《避難所データ》

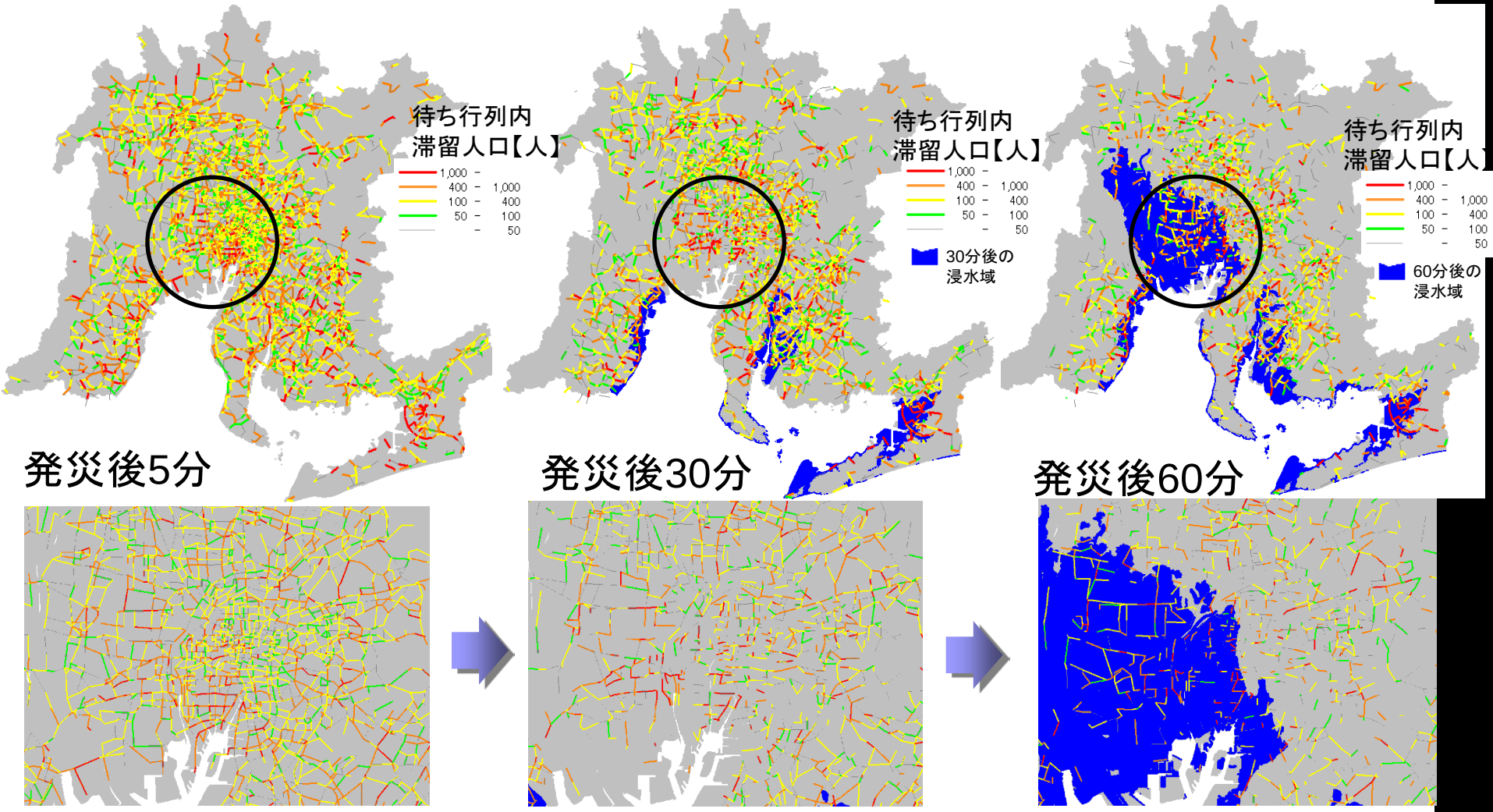


浸水領域と重なる避難所は使えないものとする

中京圏の帰宅・津波避難シミュレーション

交通情報がリアルタイムで伝達され，それに確率的に従う場合・・・

【待ち行列内滞留人口】



名古屋市南西部，豊橋市の混雑が特に顕著→避難行動と帰宅行動の錯綜

中京圏の帰宅・津波避難シミュレーション

時間帯別帰宅完了者数，浸水に巻き込まれる人数

想定ケース	発災後１時間後の帰宅完了者数【人】（全帰宅者数に対する割合）	発災後４時間後の帰宅完了者数【人】（全帰宅者数に対する割合）	津波に巻き込まれる人数【人】
リアルタイム情報に確率的に従う	1,039,929 (32%)	2,264,206 (71%)	595,443
道路閉塞が無い	1,402,769 (44%)	2,385,578 (74%)	539,152
避難開始が遅れる	1,080,883 (34%)	2,274,101 (71%)	705,020
情報取得・安否確認より帰宅者が減少	1,054,529 (37%)	2,132,945 (75%)	529,818

- 避難開始が25分遅れただけで津波に巻き込まれる人は11万人増加
- 帰宅者が減少すると渋滞が緩和され，津波に巻き込まれる人が6.5万人減少

ただし「津波に巻き込まれる人=浸水範囲と重なる人」

我々は
何をすればよいのか

(1) 定義と前提条件の整理

帰宅困難者の定義

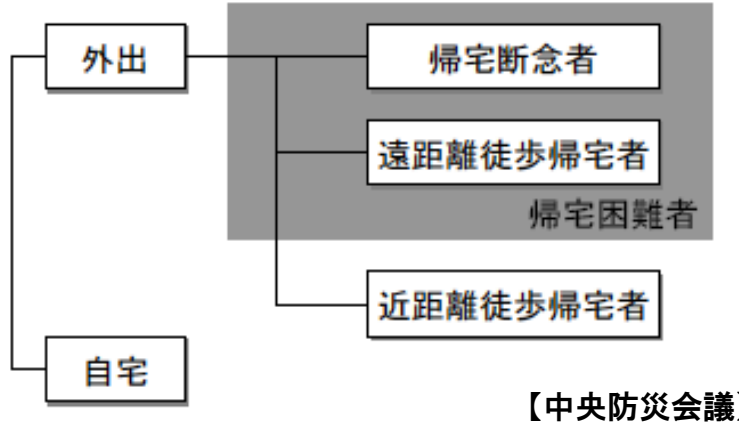
帰宅困難者

「自宅が遠隔なため，帰宅をあきらめる人々や，一旦徒歩で帰宅を開始したものの途中で帰宅が困難となり，保護が必要になる人々」

東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書(東京都，1997)

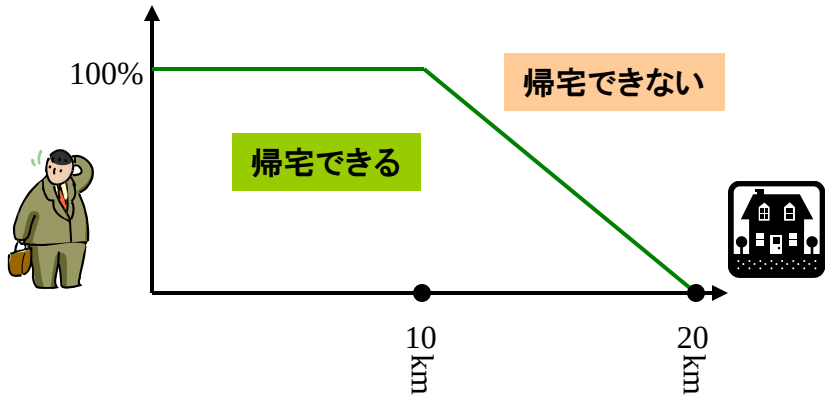
中央防災会議専門調査会の定義

帰宅困難者　：帰宅断念者＋遠距離徒歩帰宅者
帰宅断念者　：自宅が遠距離にあること等により帰宅できない人
遠距離徒歩帰宅者：遠距離を徒歩で帰宅する人
近距離徒歩帰宅者：近距離を徒歩で帰宅する人



【中央防災会議】

被害想定における帰宅困難者(あくまで想定)



いろいろな文脈で使われているので，議論をはじめる前に

帰宅困難者の定義を明確にする必要性

1. 帰宅困難者の類型化を行う

- きめ細かい対策を行うためには帰宅困難者の類型化が必要

1. 長距離徒歩帰宅者
   - 長距離を徒歩で帰宅しようとする人で，2次被害に巻き込まれる可能性も高い．一斉の長距離徒歩帰宅は積極的に減らす必要がある．
2. 自社滞留者
   - 鉄道運休時に社内で勤務中であったり自社付近にいるなどした人が一時滞在する(知り合いの家や通学者も含む)．滞留させる環境づくりが大切．
3. 受け入れ希望者
   - 鉄道運休時に自社付近にいない通勤者・通学者や滞留拠点を持たない私用外出者．休日に特に多いものと予想される．課題が多い．
4. 鉄道移動者
   - 鉄道運休時に鉄道に乗車していた帰宅困難者．特に朝の鉄道運休時は多いものと考えられ，駅前施設の滞留対策が必要．
5. 帰宅困難「車」
   - 緊急車両・支援車両の妨げになる．すなわち潜在的な加害者になる可能性があり，減らす必要がある．送迎の禁止や駐車場の開放なども求められる．
6. 超長距離移動者
   - 長期の滞留が予想され，宿泊施設などによる対処が求められる．
7. 出勤困難者
   - 事業継続に大きな影響を与える．

それぞれ特有の問題と解決策

(2) 問題の明確化

大都市における「帰宅困難者」の前提条件

- 大都市における大規模地震発生時の「被災概要」
  - 多数の建物の倒壊
  - 同時多発火災の発生
  - 道路の被害・不通
  - 膨大な救急ニーズ
  - 電気・ガス・水道の停止
  - 電話・携帯電話の不通
  - 深刻な経済被害
  - 物流の停滞とモノ不足
  - (名古屋・大阪は)津波

東日本大震災における帰宅困難現象の特殊性

東日本大震災における帰宅困難現象の特徴

- 道路の被害がほとんどなかった
- 建物倒壊や大規模火災がほとんどなかった
- 救急ニーズがそこまで多くなかった
- 当日夜には一部の鉄道が復旧した
- 携帯メールやインターネットなど通信網がやや使えた
- 停電も起きず，テレビやラジオが使用できた
- ガスや水道も使えたところが多かった
- 交通規制が行われなかった(高速除く)
- 平日であったため通勤者が多かった

想定よりかなり中途半端な帰宅困難現象だった

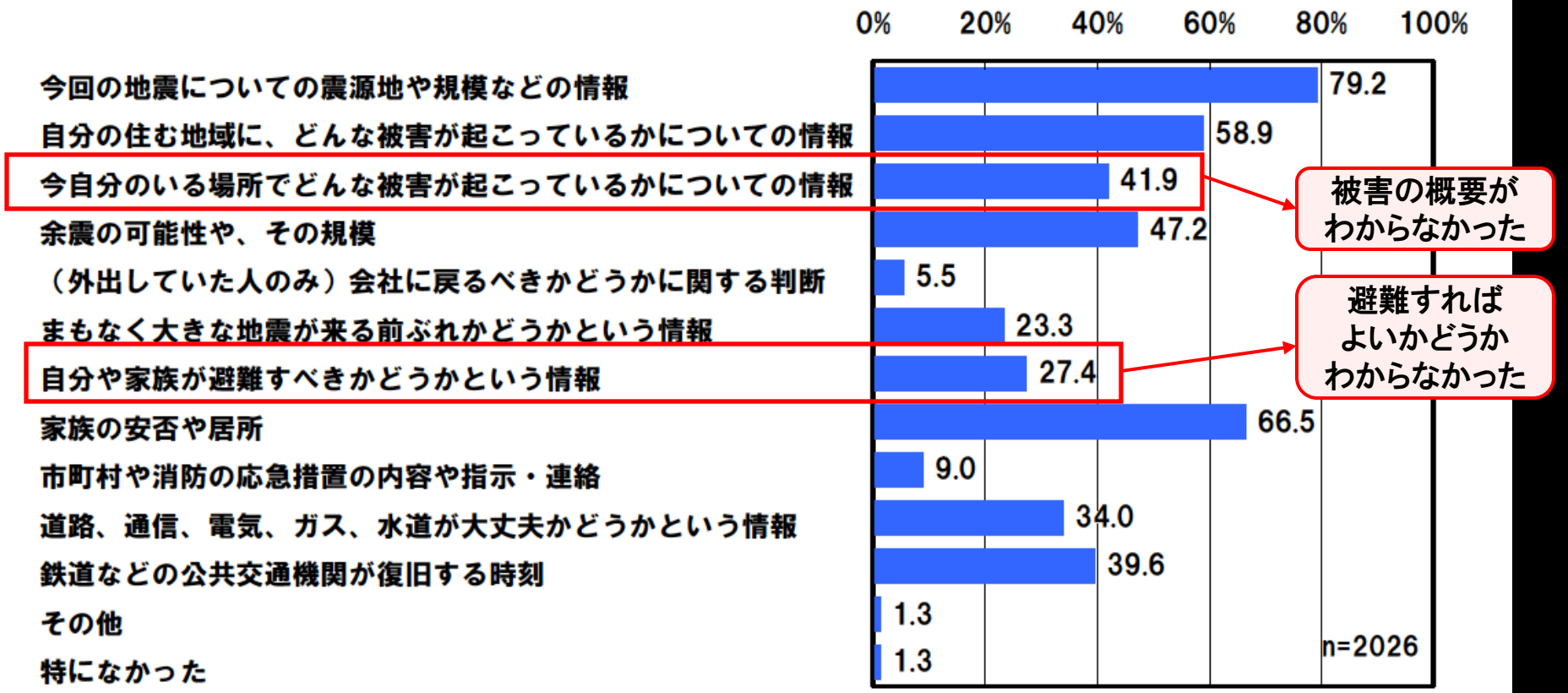
→ マスコミなどで「帰宅が大変だった」ことがクローズアップされがち

→ 帰宅困難者問題の「明確化」が必要

我々が恐れなければいけない「最悪」ケースは何か?

どういう情報を伝えるべきか? (3.11の首都圏から)

大都市内では大震時，どのような情報が望まれるか?



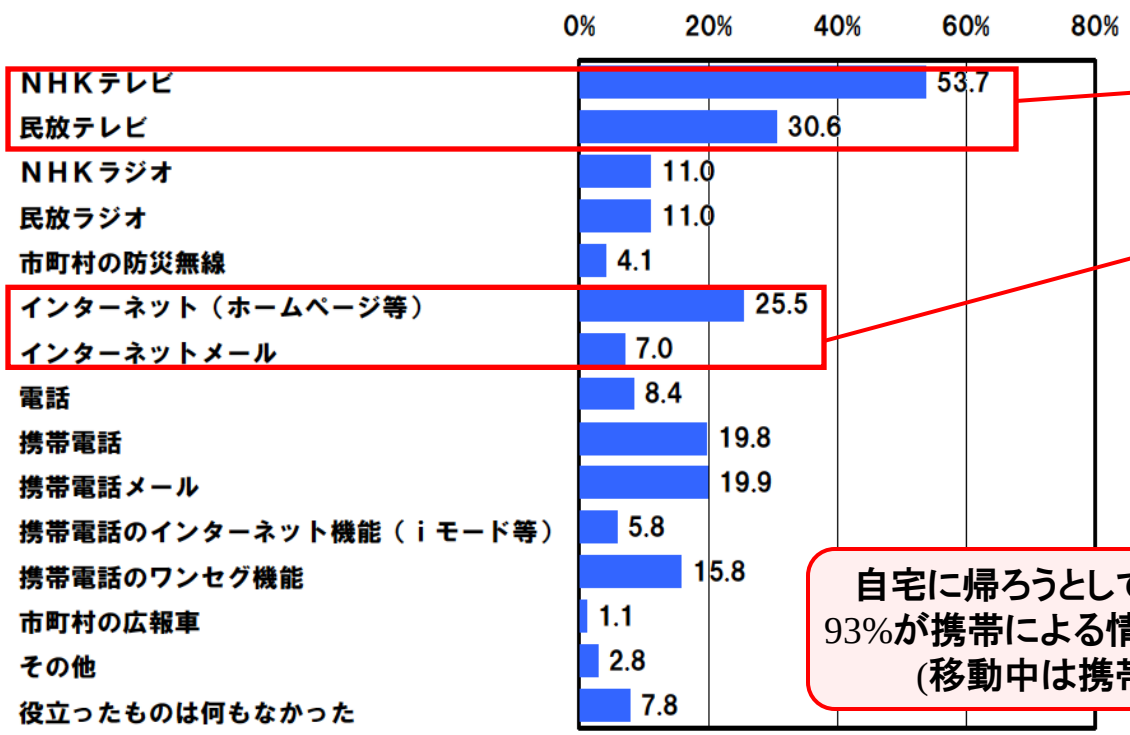
地震直後に知りたかったこと

どんな情報が欲しかったですか?
- どこを通れるか知りたかった!!
- どこで渋滞が起きているか知りたかった!!
- どこにいけばよいか知りたかった!!

首都圏の滞留者は被害情報以外に，避難の必要性やどこにいけばよいかが分からなかった

何を用いて伝えればよいか? (3.11の首都圏から)

大都市内で大震時の情報伝達は何を使えばよいか?



東日本大震災時に情報を得るため役だったもの(首都圏)

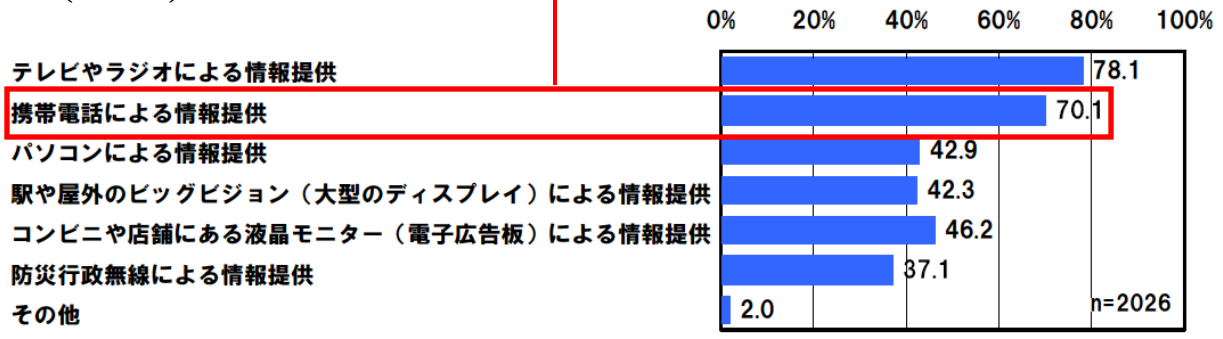
テレビを「役だった」とする人が多いが，停電したら?

インターネットが使えなかったら?

- 市街地内の防災行政無線の限界
- 停電すると情報伝達はかなり困難
- 携帯電話のニーズが多い
- 通話は輻輳/メールもサーバーの問題

自宅に帰ろうとして帰れなかった人の93%が携帯による情報提供を望んでいる(移動中は携帯しか使えない)

今後どのような情報提供を望むか



我々の手持ちの「武器」

様々な災害情報提供 / 安否確認の手段

- テレビ
- ラジオ
- 防災行政無線(同報系 / 移動系)
- 固定電話通話
- 災害用伝言ダイヤル(171)
- 携帯電話通話
- 携帯電話メール
- 災害用伝言版
- エリアメール
- デジタルサイネージ
- インターネット / E-mail
- 携帯電話のワンセグ
- ツイッター / facebook / mixiなどのSNS
- スマートフォンのアプリ

ソニー、カーナビ事業から撤退　スマホ普及で販売伸び悩み

2012.7.28 05:00

+1 1　ツイート 14　いいね！ 6　チェック

ソニーは27日、携帯型ナビゲーションシステム「ナブ・ユー」全5機種の国内出荷を年内に終了し、カーナビ事業から撤退すると発表した。

カーナビとしても使えるスマートフォン（高機能携帯電話）が普及し、販売が伸び悩んだため。業績が悪化しているソニーは、事業構造の見直しを進めており、カーナビ撤退もその一環。

同社は2006年にカーナビの国内生産・販売を一時停止したが、07年に同シリーズで再開していた。

- 位置情報の伝達・表示が容易
- パケット通信の有効性
- 現在は出荷の多くがスマートフォン
- 事前検討に用いることが可能
- 災害情報の適宜更新が可能
- 移動時の情報収集が可能
- 自動車利用者も利用可能

大都市避難行動支援アプリの説明(1)

Android/iPhone無料アプリ「まもるゾウ・防災版」

大都市災害時に安全な場所にとどまって&一斉帰宅を抑える支援アプリ

・株式会社アクシード
・MCPC
・名古屋大学　廣井
　　の3者で共同開発

2012年6月開発開始
2012年8月リリース
(Android Market　Apple Storeで配布中)

メニュー画面

・PUSHで安否確認
・OK，NGなどの安否に関する回答をサーバーへアップ
・その時の家族全員の位置情報もサーバーへアップ
・通信途絶，無回答はNA

安否をpushで尋ねる(対象：家族)

大都市避難行動支援アプリの説明(2)

Android/iPhone無料アプリ「まもるゾウ・防災版」

大都市災害時に安全な場所にとどまって&一斉帰宅を抑える支援アプリ

- 株式会社アクシード
- MCPC
- 名古屋大学　廣井

の3者で共同開発

2012年6月開発開始
2012年8月リリース
(Android Market　Apple Storeで配布中)

メニュー画面

家族の回答と日時
・位置情報を閲覧

大都市避難行動支援アプリの説明(3)

Android/iPhone無料アプリ「まもるゾウ・防災版」

大都市災害時に安全な場所にとどまって&一斉帰宅を抑える支援アプリ

- 株式会社アクシード
- MCPC
- 名古屋大学　廣井

の3者で共同開発

2012年6月開発開始
2012年8月リリース
(Android Market　Apple Storeで配布中)

メニュー画面

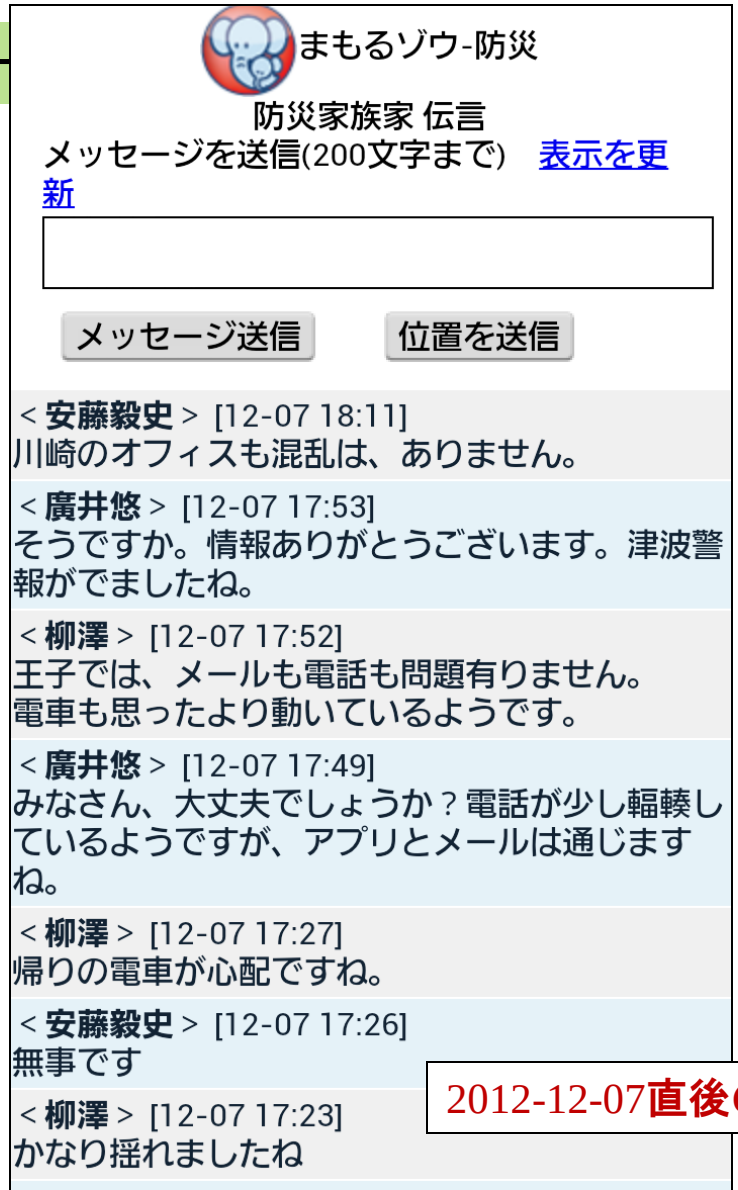
避難施設・病院の検索と誘導(標高付き)

大都市避難行動支援アプリの説明(4)

Android/iPhone無料アプリ「まもるゾウ・防災版」

大都市災害時に安全な場所にとどまって&ー

メニュー画面



2012-12-07直後のメッセージ

大都市避難行動支援アプリの説明(4)

Android/iPhone無料アプリ「まもるゾウ・防災版」

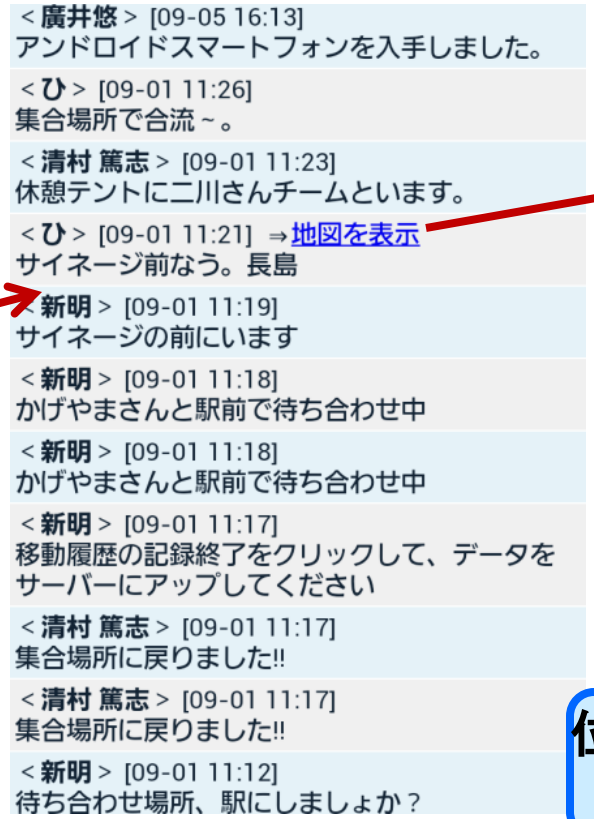
大都市災害時に安全な場所にとどまって&一斉帰宅を抑える支援アプリ

- 株式会社アクシード
- MCPC
- 名古屋大学　廣井

の3者で共同開発

2012年6月開発開始
2012年8月リリース
(Android Market　Apple Storeで配布中)

メニュー画面



位置情報つきメッセージとそこへの誘導

大都市避難行動支援アプリの説明(5)

Android/iPhone無料アプリ「まもるゾウ・防災版」

大都市災害時に安全な場所にとどまって&一斉帰宅を抑える支援アプリ

- 株式会社アクシード
- MCPC
- 名古屋大学　廣井

の3者で共同開発

2012年6月開発開始
2012年8月リリース
(Android Market　Apple Storeで配布中)

メニュー画面

家族の移動履歴を参照できる
→　集約できれば「通れる道」マップにもなりうる?

本日の内容について
ご質問があれば
遠慮なく以下のアドレスへ
お寄せください

hiroi@nagoya-u.jp
http://www.fse.t.u-tokyo.ac.jp/hiroi/hiroi.htm

(研究に関する質問など24時間いつでもOKです)