

避難施設配置案等に係る
効果検証
(避難行動シミュレーション)

仙台市



1. 避難行動シミュレーションの条件設定

(1) 避難行動シミュレーションの目的とフロー

○目的

下記の条件をもとに、効果の検証、解析等を行い、その結果に基づき定量的データや見解等を提示するもの

○フロー

条件

- | | | |
|---------|------------------|-----------|
| ①対象範囲 | ④避難手段 | ⑦避難時の通行条件 |
| ②対象避難者数 | ⑤避難開始地点 | ⑧避難開始時間 |
| ③ケース設定 | ⑥避難施設配置と道路ネットワーク | ・避難速度 |

シミュレーションの実施

定量的データ
(避難完了率グラフ)

視覚的な表現
(渋滞状況図など)

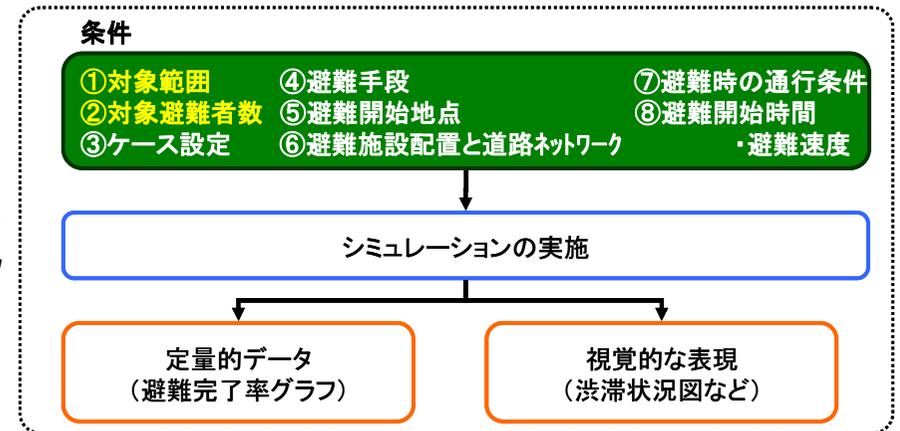
○まとめ

解析結果に基づく見解等

①対象範囲

○「宮城野区域」、「若林区域」で実施

※仙台東部道路より海側のエリア



②対象避難者数

避難者数は、最大となるように設定

	集落	農地	道路上 (通過車両)	施設 (海岸公園等)	合計
時間帯	夜間人口	昼間人口 (秋収穫期)	ピーク時	最大集客時	—
避難者数	約10,000人	約2,500人	約800人	約9,400人	約22,700人
参考資料	住民基本台帳 (震災前)*	仙台市データ	平成22年道路交通センサス 平成14年仙台市 交通調査	仙台市データ	—

* ; 災害危険区域の集落および仙台港地域は、対象範囲外

③ ケース設定

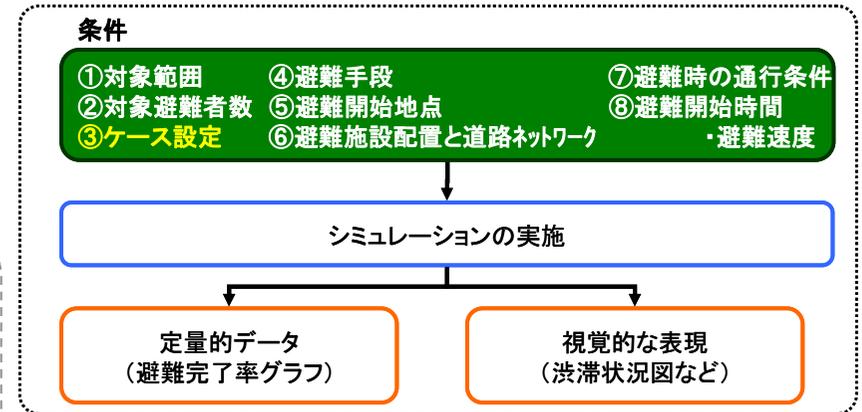
ケース1; 自動車避難に依存し、渋滞が発生した場合の避難行動の検証
(避難手段; 自動車を対象)

ケース2; 自動車避難を抑制し、渋滞が緩和された場合の避難行動の検証
(避難手段; 自動車を対象)

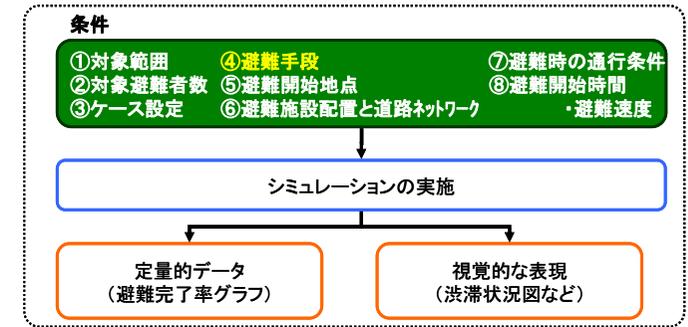
ケース3; 自動車避難を抑制し、徒歩・自転車を避難手段に加えた場合(既存の避難施設や、市有地等に暫定的な案として避難施設を配置)

第4回委員会
審議事項

第5回委員会
審議事項



④ 避難手段



○ケース3の避難手段割合と地区別避難者数

避難手段 地区別避難者数	宮城野区(約9,000人, 約1,100台)			若林区(約13,700人, 約1,800台)		
	自動車	徒歩	自転車	自動車	徒歩	自転車
集落	20%	74%	6%	20%	74%	6%
宮城野区(約7,100人) 若林区(約2,900人)	(約1,400人) (約700台)	(約5,300人)	(約400人)	(約600人) (約300台)	(約2,100人)	(約200人)
施設 (海岸公園等)	0%	100%	0%	0%	100%	0%
宮城野区(約1,000人) 若林区(約8,400人)	(0人)	(約1,000人)	(0人)	(0人)	(約8,400人)	(0人)
農地	100%	0%	0%	100%	0%	0%
宮城野区(約400人) 若林区(約2,200人)	(約400人) (約200台)	(0人)	(0人)	(約2,200人) (約1,100台)	(0人)	(0人)
道路上	100%	0%	0%	100%	0%	0%
宮城野区(約300人) 若林区(約500人)	(約300人) (約200台)	(0人)	(0人)	(約500人) (約400台)	(0人)	(0人)

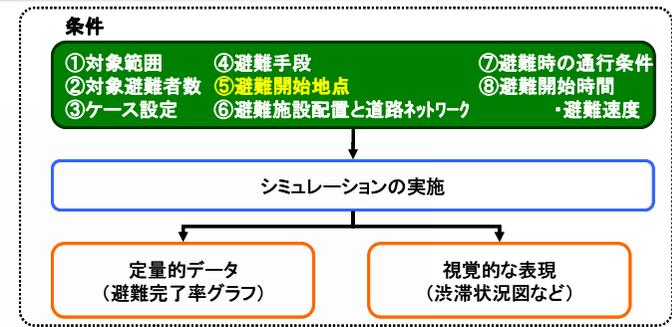
県道塩釜亘理線より東側の海岸公園利用者等は、別途検討することとし、計算から除外

* ; 四捨五入の関係で、数値が一致しない場合がある
 * ; 自動車は、要援護者を避難者の10%と想定し、運転者(援護者)とあわせて20%と設定
 * ; 徒歩と自転車の割合は、国交省「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」より 仙台市のデータを用いて設定

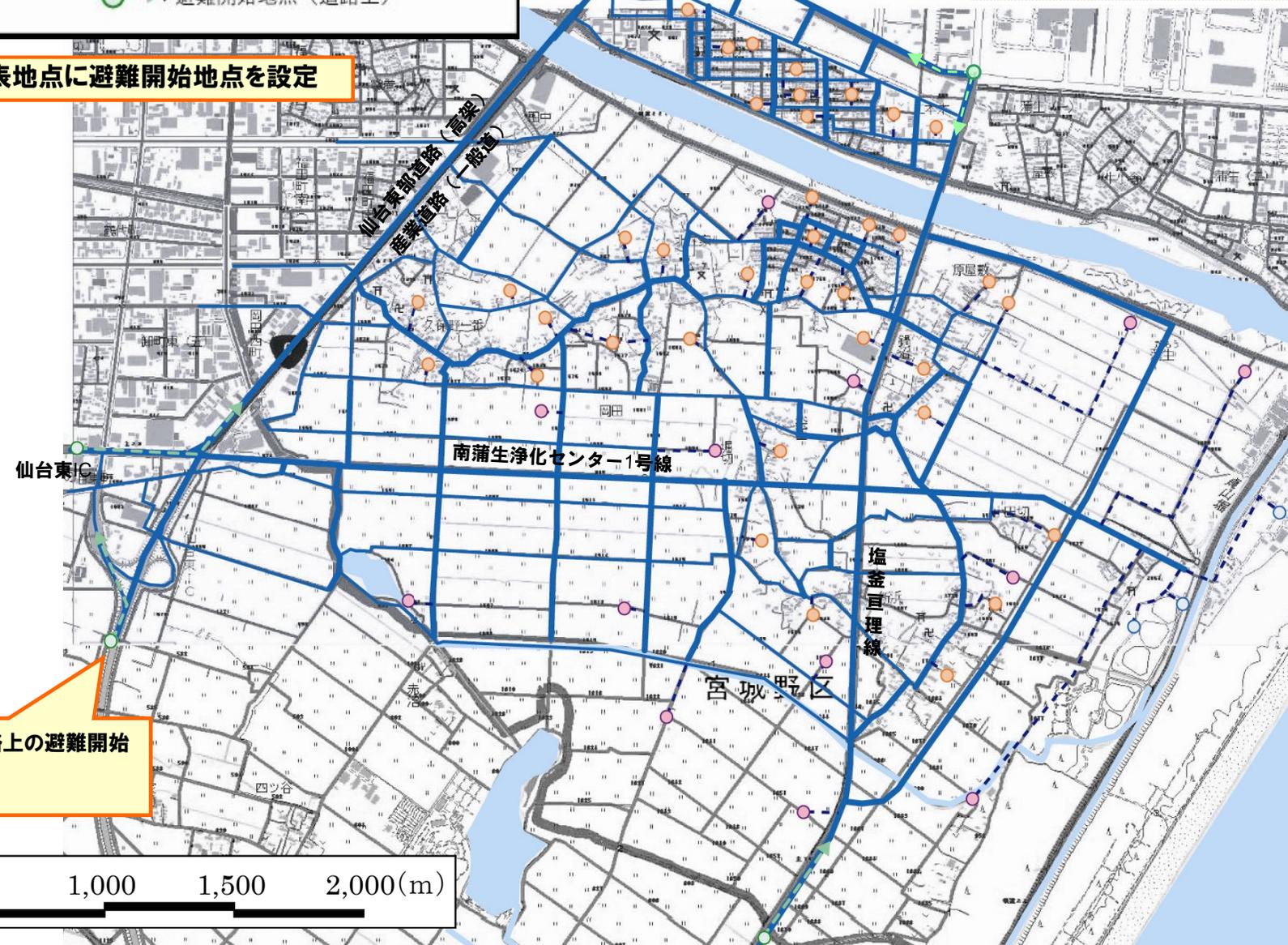
⑤ 避難開始地点（宮城野区）

【凡例】

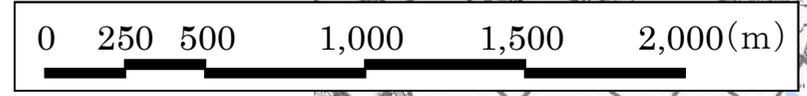
- : 双方向通行
- : 一方通行 (避難方向のみ)
- : 避難開始地点 (集落)
- : 避難開始地点 (農地等)
- : 避難開始地点 (施設 (海岸公園等))
- : 避難開始地点 (道路上)



集落・農地は、代表地点に避難開始地点を設定



道路端部には、道路上の避難開始地点を設定 (他の箇所も同様)



⑤ 避難開始地点 (若林区)

【凡例】

-  : 双方向通行
-  : 一方通行 (避難方向のみ)
-  : 避難開始地点 (集落)
-  : 避難開始地点 (農地等)
-  : 避難開始地点 (施設 (海岸公園等))
-  : 避難開始地点 (道路上)

集落・農地は、代表地点に避難開始地点を設定



- 条件
- ① 対象範囲
 - ② 対象避難者数
 - ③ ケース設定
 - ④ 避難手段
 - ⑤ 避難開始地点
 - ⑥ 避難施設配置と道路ネットワーク
 - ⑦ 避難時の通行条件
 - ⑧ 避難開始時間
 - ・ 避難速度

シミュレーションの実施

定量的データ
(避難完了率グラフ)

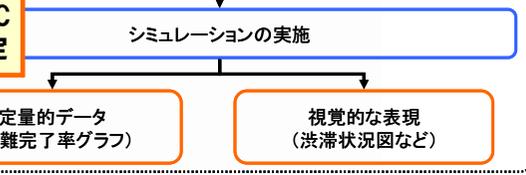
視覚的な表現
(渋滞状況図など)

0 250 500 1,000 1,500 2,000(m)

1. 避難行動シミュレーションの条件設定

⑥ 避難施設配置(暫定案)と道路ネットワーク (宮城野区)

- 条件
- ①対象範囲
 - ②対象避難者数
 - ③ケース設定
 - ④避難手段
 - ⑤避難開始地点
 - ⑥避難施設配置と道路ネットワーク
 - ⑦避難時の通行条件
 - ⑧避難開始時間
 - ・避難速度



- 【凡例】
- : 双方向通行
 - : 一方通行 (避難方向のみ)
 - : 避難開始地点 (集落)
 - : 避難開始地点 (農地等)
 - : 避難開始地点 (施設 (海岸公園等))
 - : 避難開始地点 (道路上)

- 【凡例】
- ▽: 避難先 (域外)
 - : 既存の避難施設 (市施設)
 - ▲: 避難施設の配置を検討する市有地等

- 自動車避難先
- 徒歩・自転車の避難先

* 徒歩・自転車は、仙台東部道路より内陸側(道路上)への避難も可とする
 * 塩釜巨理線以东の自動車避難者(農地の方)は、沿岸部の避難の丘に避難



産業道路到達で避難は完了、その後は左折すると設定

浸水域のため、仙台港ICからの流出は無しと設定

高砂大橋は、通行可と設定 (p.10 通行条件の工)

河川沿いの道路は通行不可と設定 (p.10 通行条件のコ)

高砂橋は、通行不可と設定 (p.10 通行条件の工)

塩釜巨理線上の避難車両は、南蒲生浄化センター1号線を通して避難 (p.10 通行条件のキ)

信号停止状態を想定しているため、渋滞した交差点では、交互に1台ずつ合流すると設定(すべての交差点で適用) (p.10 通行条件の力)

歩行者・自転車は歩道を通行 (p.11 通行条件のサ)

歩道のない道路において、歩行者・自転車は左側を通行 (p.11 通行条件のシ)

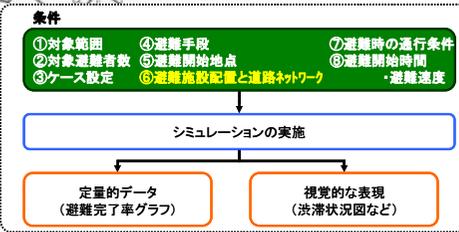


集落・農地からの自動車避難者は、最短時間で移動できる経路で避難 (p.10 通行条件のク・ケ)

歩行者・自転車は、自動車が交差点に到着するまでに一定の時間間隔がある場合に、交差点を横断 (p.11 通行条件のセ)

1. 避難行動シミュレーションの条件設定

⑥ 避難施設配置(暫定案)と道路ネットワーク(若林区)



- 【凡例】
- : 双方向通行
 - : 一方向通行 (避難方向のみ)
 - : 避難開始地点 (集落)
 - : 避難開始地点 (農地等)
 - : 避難開始地点 (施設 (海岸公園等))
 - : 避難開始地点 (道路上)

- 【凡例】
- ▽: 避難先(域外)
 - : 既存の避難施設(市施設)
 - ▲: 避難施設の配置を検討する市有地等
 - ⊗: 東部道路法面の避難階段

- 自動車避難先
- 徒歩・自転車の避難先



歩道のない道路において歩行者・自転車は左側を通行 (p.11 通行条件のシ)

塩釜亘理線上の車両は、荒浜原町線または、井土長町線を通って避難 (p.10 通行条件のキ)

仙台東部道路との交差部は立体交差

集落・農地からの自動車避難者は、最短時間で移動できる経路で避難 (p.10 通行条件のク・ケ)

歩行者・自転車は、自動車が交差点に到着するまでに一定の時間間隔がある場合に、交差点を横断 (p.11 通行条件のセ)

歩行者・自転車は歩道を通り (p.11 通行条件のサ)

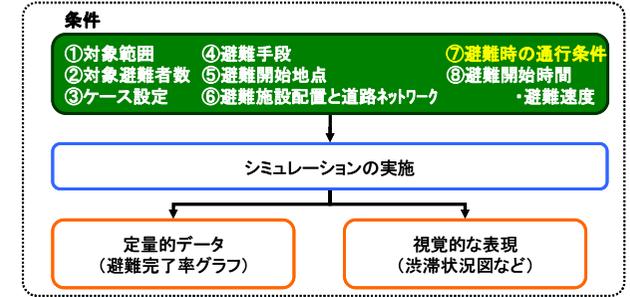
閉上大橋は、通行不可と設定 (p.10 通行条件のエ)



⑦ 避難時の通行条件

自動車避難時の通行条件と、条件を満たすために必要な対策を以下に示します。

○ 自動車の通行条件

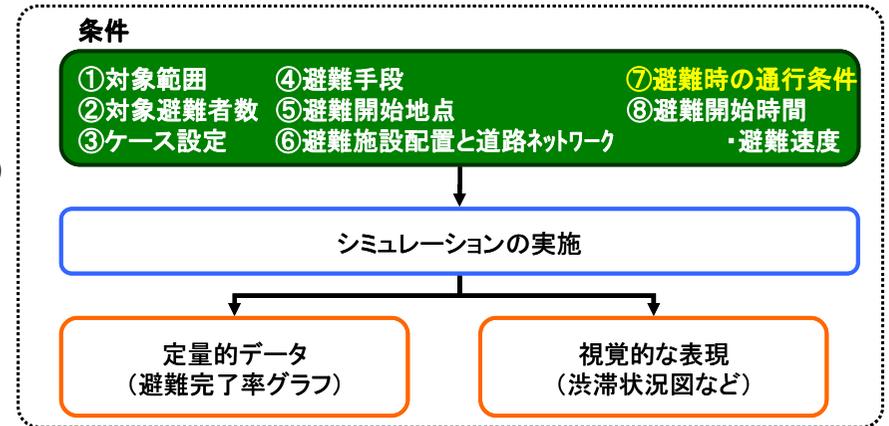


自動車の通行条件	条件を満たすために必要な対策
ア. 道路は、現状の車線数に応じて設定	<ul style="list-style-type: none"> ・道路損傷による寸断等が生じないように、地震に強い道路構造。 ・事故や故障車などの駐停車を想定し、通常よりも広い路肩等により、現状の車線数に相当する幅を確保。 ・特に主要3路線については、大型車の駐停車にも対応した幅員を確保。
イ. 交差点は、信号停止状態を想定	
ウ. 狭い道路は、避難方向のみに通行可	
エ. 地震発生後、高砂橋・閑上大橋は通行不可、高砂大橋は通行可	
オ. 乗り捨てや事故、電柱倒壊等による道路の寸断や、迷走車両による立ち往生は、条件に組み込まない	<ul style="list-style-type: none"> ・道路損傷による寸断等が生じないように、地震に強い道路構造。 ・事故や故障車などの駐停車を想定し、通常よりも広い路肩等により、現状の車線数に相当する幅を確保。 ・特に主要3路線については、大型車の駐停車にも対応した幅員を確保。
カ. 渋滞交差点は、各方向から来る車両が1台ずつ交互に合流	
キ. 道路上の避難者(通過交通)は、主要3避難道路を通行して、仙台東部道路以西に避難	避難ルートのご案内標識などを適切に設置。
ク. 集落・農地からの避難者は、主要3避難道路だけでなく、他の市道も通行して避難	
ケ. 集落・農地からの避難者は、最短時間で移動できる経路で避難	
コ. 河川沿いの道路は通行不可	

⑦ 避難時の通行条件

徒歩・自転車避難時の通行条件と、条件を満たすための対策を以下に示します。

○ 徒歩・自転車の通行条件



徒歩・自転車の通行条件	条件を満たすために必要な対策
サ. 徒歩・自転車の場合は、歩道を通行	徒歩・自転車が混在しても十分に通行可能な歩道幅員を確保。
シ. 歩道の無い道路は、道路の左側を通行(歩行者や自転車の脇を自動車が通行するように設定)	歩行者や自転車の脇を自動車が通行できるように、交通量に応じた幅員を確保。
ス. 徒歩・自転車の場合は、追い越しを考慮し、並列通行で追い越し可能とする	並列通行での追い越しが可能となる幅員を確保。
セ. 徒歩・自転車の場合は、自動車が交差点に到着するまでに、一定の時間間隔がある場合に、交差点を横断	

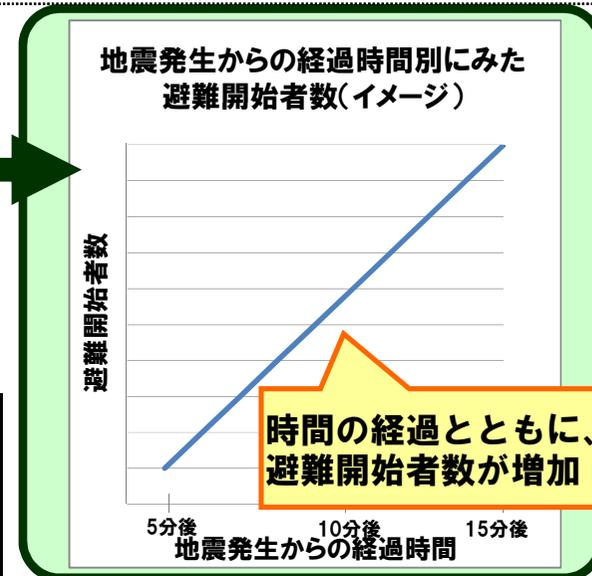
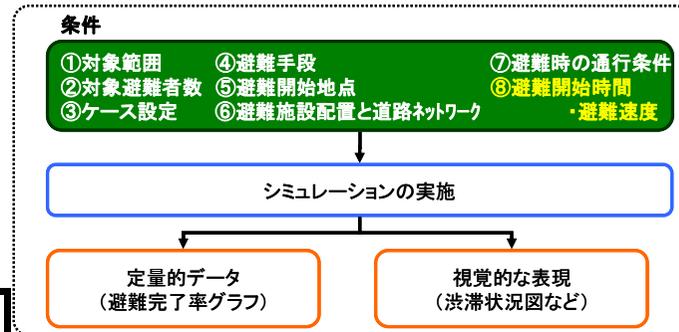
⑧ 避難開始時間・避難速度

○ 避難開始時間

集落	地震発生5~15分後に避難開始 (発生量は、発災5分後から比例的に増加)
施設(海岸公園等)	
農地	
道路上	地震発生5分後に一斉に避難開始

○ 移動手段別の避難速度

自動車	渋滞のない区間は、規制速度で走行
徒歩	混雑のない区間は、2.9~8.0km/hで歩行 (速度にバラつきを持たせる※1) ※シミュレーション上での平均速度は3.6km/h(1m/s)
自転車	混雑のない区間は、3.0~21.0km/hで通行 (速度にバラつきを持たせる※2)



※1 国交省「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について」より、仙台市分の実態調査のデータを用いて設定

※2 自転車の速度のバラつきの区間については、国交省 国土技術政策総合研究所 研究結果を用いて設定
(自転車旅行速度の推定と活用方法に関する提案, 201205, p.3)



2. 避難行動シミュレーションの解析結果

(1) 避難行動シミュレーションの解析の視点

ケース1; 自動車避難に依存した場合

ケース2; 自動車避難を抑制した場合

第4回委員会
審議事項

結論

○自動車避難を抑制することによって、渋滞の緩和や円滑な避難につなげることが可能

ケース3; 自動車避難を抑制し、徒歩・自転車を避難手段に加えた場合
(既存の避難施設や、市有地等に暫定的な案として避難施設を配置)

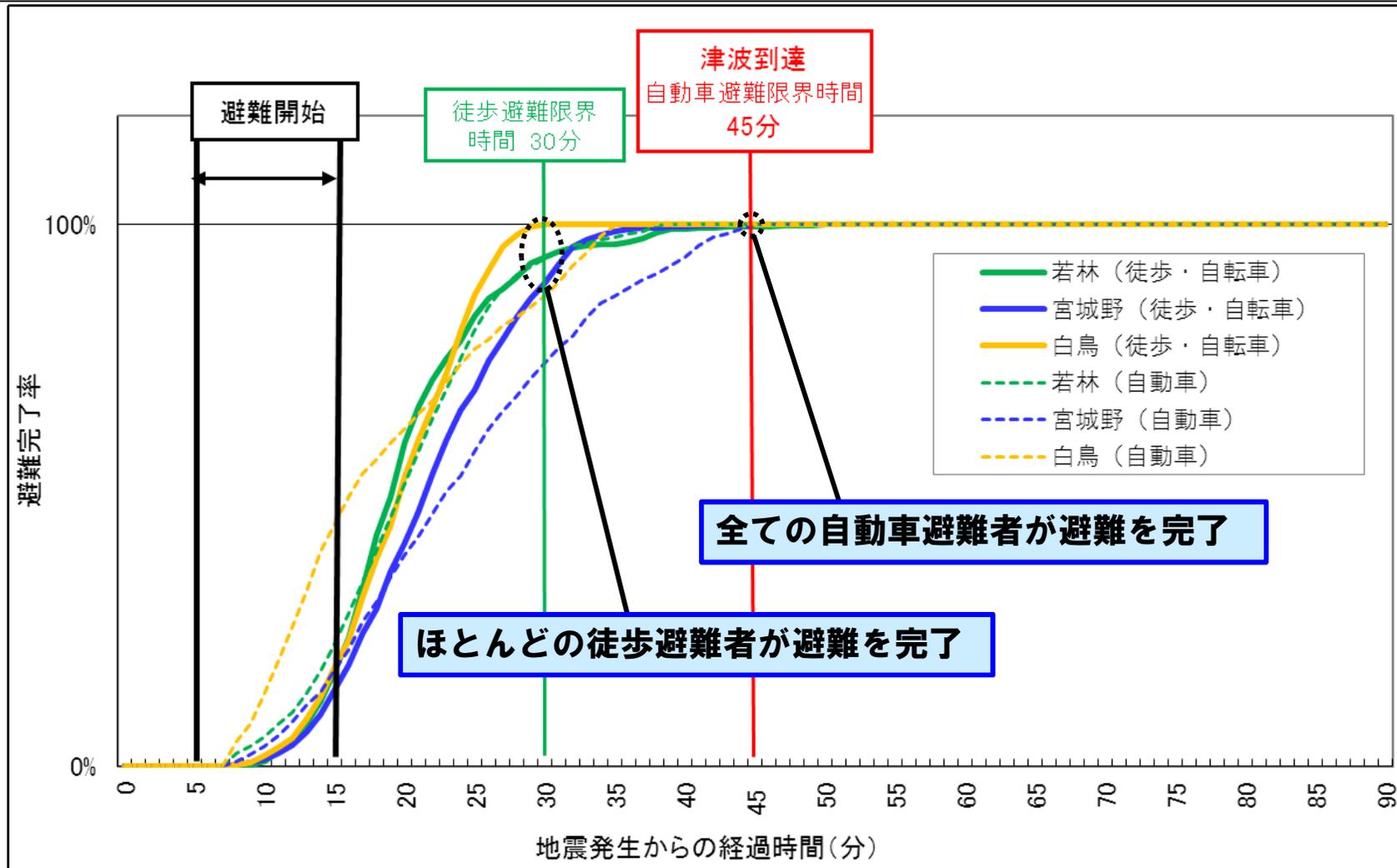
限られた時間内に、全ての避難者が避難を完了できるかを検証
(自動車:地震発生から45分後、徒歩:地震発生から30分後*)

* 徒歩による避難は避難施設までの時間を設定。そのため、高所への避難(15分)を除いている。
(第1回委員会(高所への避難時間, p.31)より)

(2) ケース3における避難完了率

解析結果

- ①自動車での避難者は、全ての方が地震発生から45分後までに避難が完了
- ②徒歩等での避難者は、避難完了に時間がかかる地域が一部みられるものの、ほとんどの方が地震発生から30分後までに避難を完了



* 県道塩釜亘理線より東側の海岸公園利用者等は、別途検討することとし、計算から除外

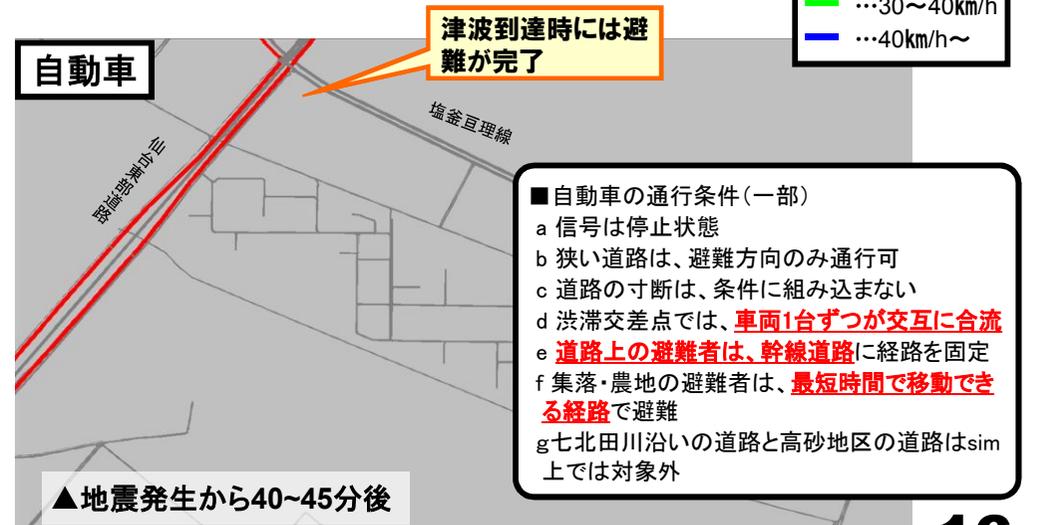
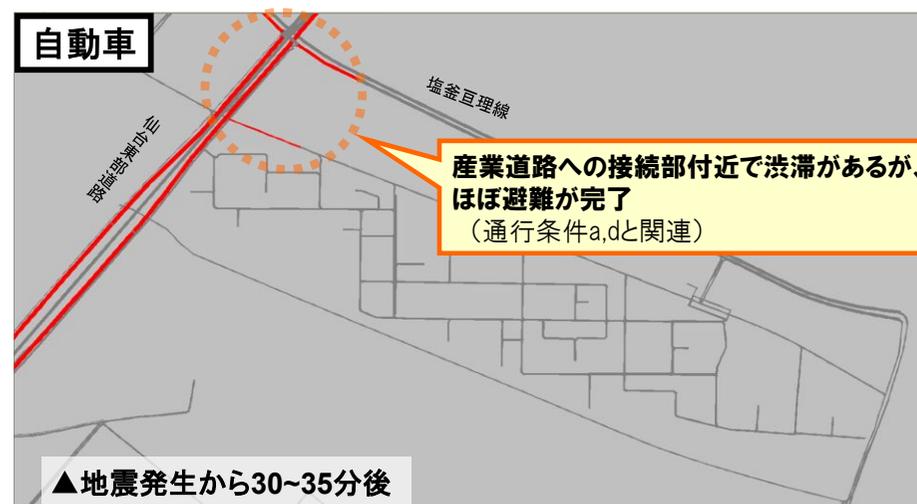
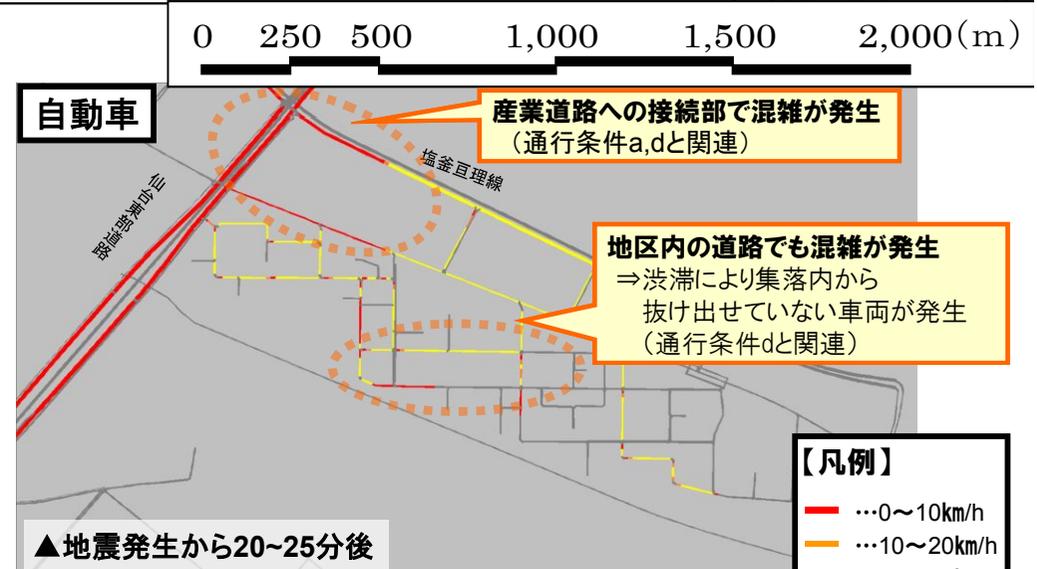
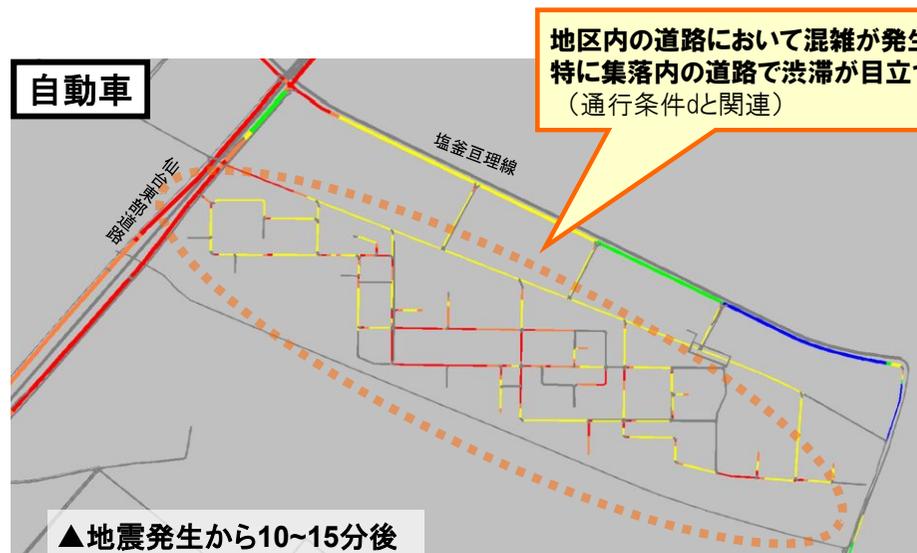
* 徒歩は高所への避難(15分)を除いているため、徒歩避難限界を30分で設定 (第1回委員会(高所への避難時間, p.31)より)

2. 避難行動シミュレーションの解析結果

(3) ケース3における自動車の渋滞状況図(白鳥地区)



- ① 地震発生10~15分後は地区内の様々な道路で混雑が発生
- ② 地震発生35分後までにほぼ避難が完了し、津波到達時(地震発生45分後)までには避難が全て完了



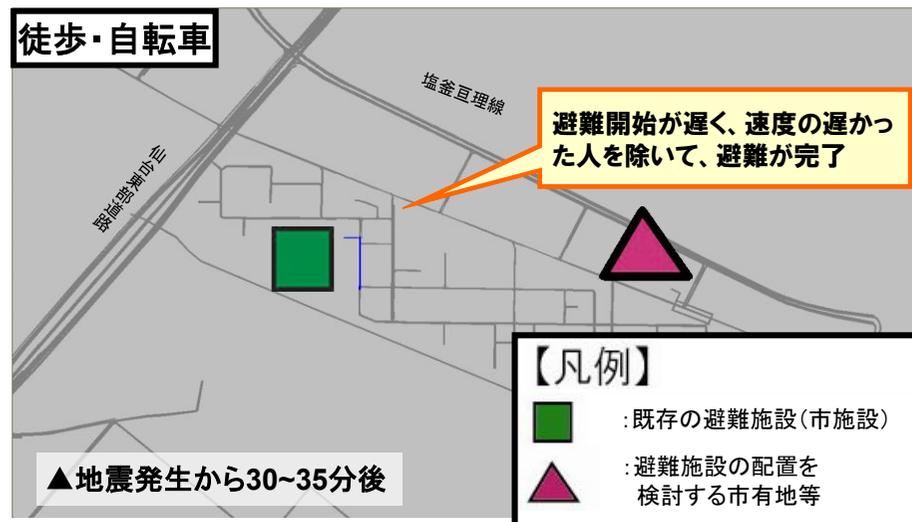
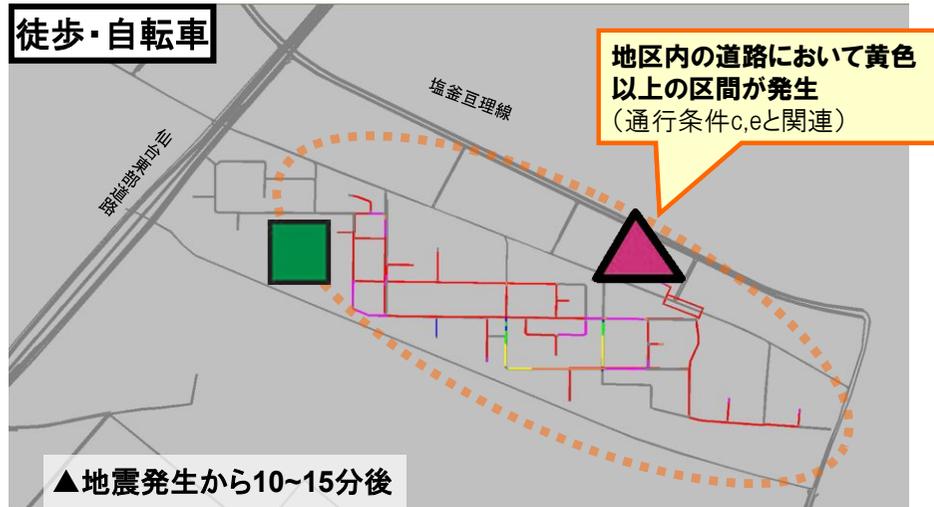
2. 避難行動シミュレーションの解析結果

(3) ケース3における徒歩・自転車の混雑状況(密度)(白鳥地区) ▼シミュレーション範囲

- ① 地震発生10~15分後は地区内の様々な道路で避難者が発生
- ② 避難開始時間と避難速度が遅かった人を除いて地震発生30分までに避難はほぼ完了、45分までは全て完了

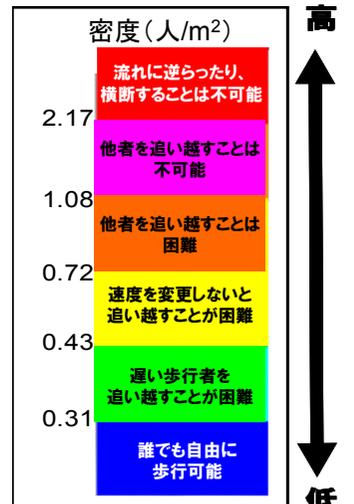


0 250 500 1,000 1,500 2,000(m)



避難開始を早める必要がある

- 徒歩・自転車の通行条件
- a 信号は停止状態
 - b 道路の寸断は、条件に組み込まない
 - c **車との間隔を判断して交差点を横断**
 - d **最短時間で移動できる経路**で避難
 - e 追い越しを考慮し、並列通行(**2列通行**)
 - f 歩道のない道路は、道路の左側を通行



【出典】歩行者密度分析(LOS評価尺度)
 : 歩行者の空間(J.J.フルーイ, 1974年, 鹿島出版会)

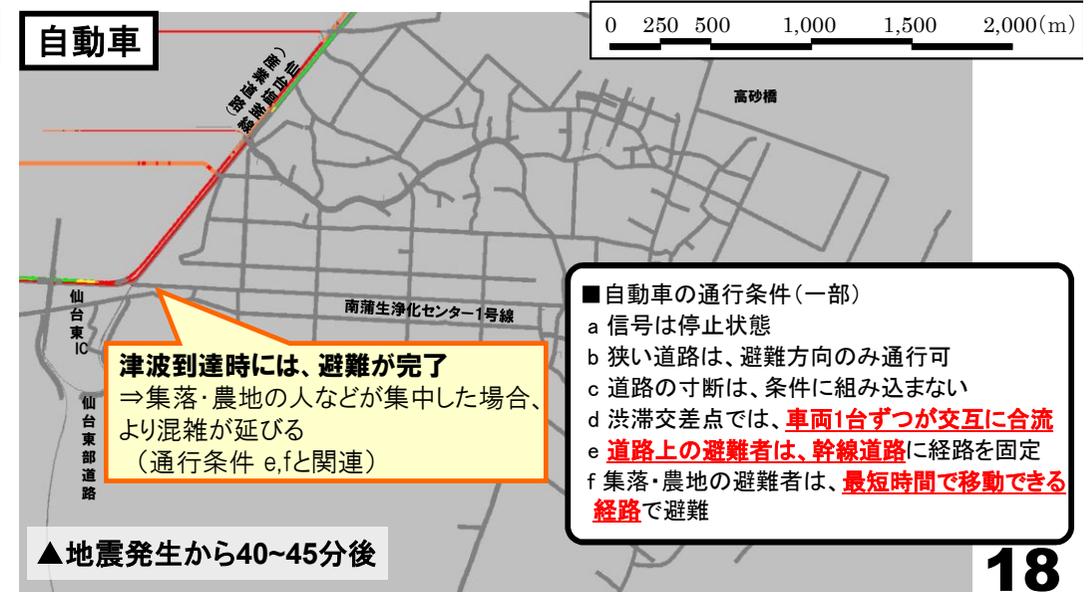
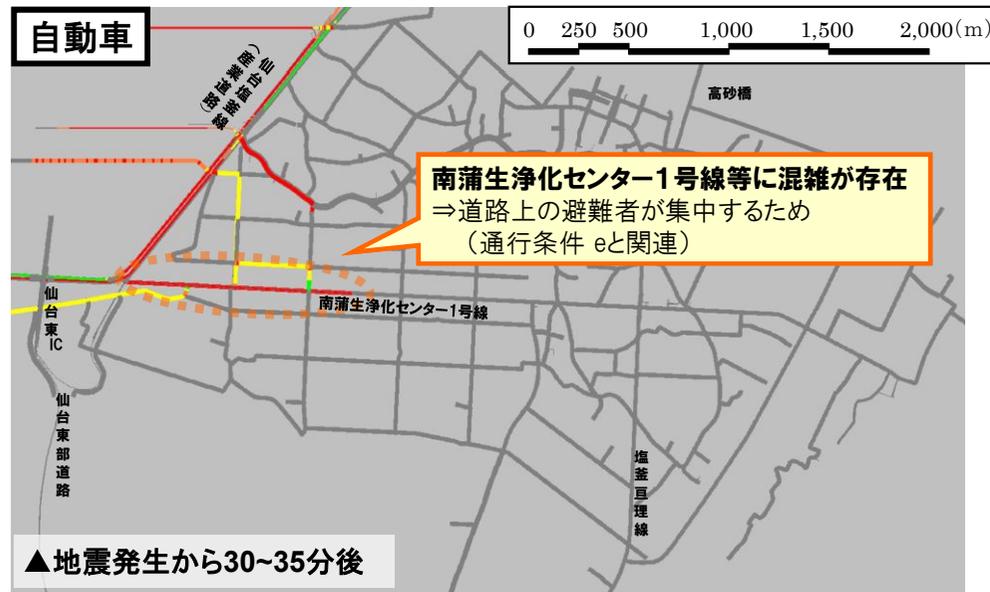
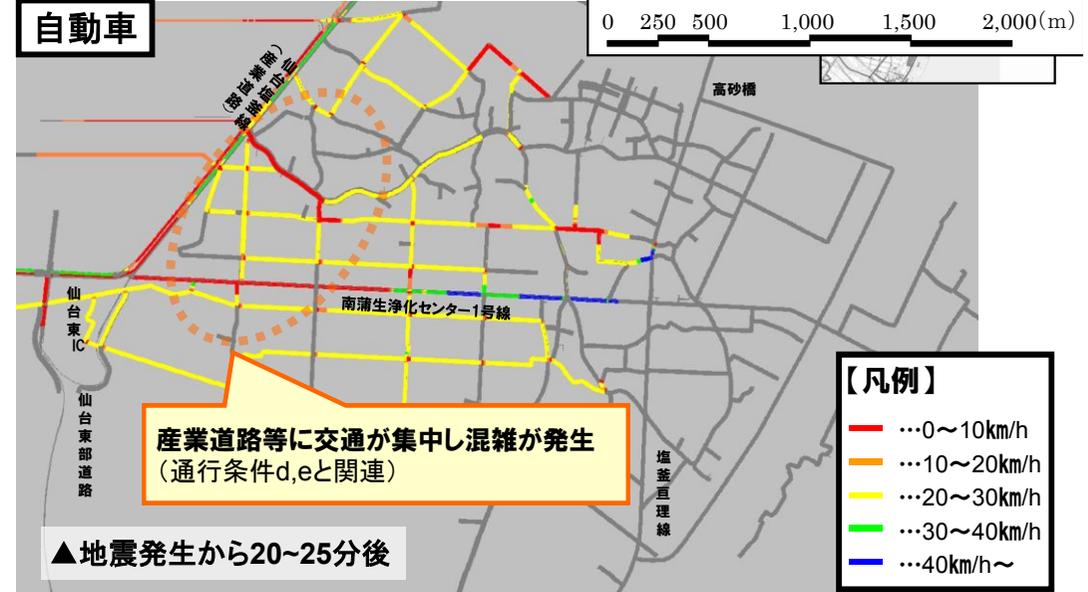
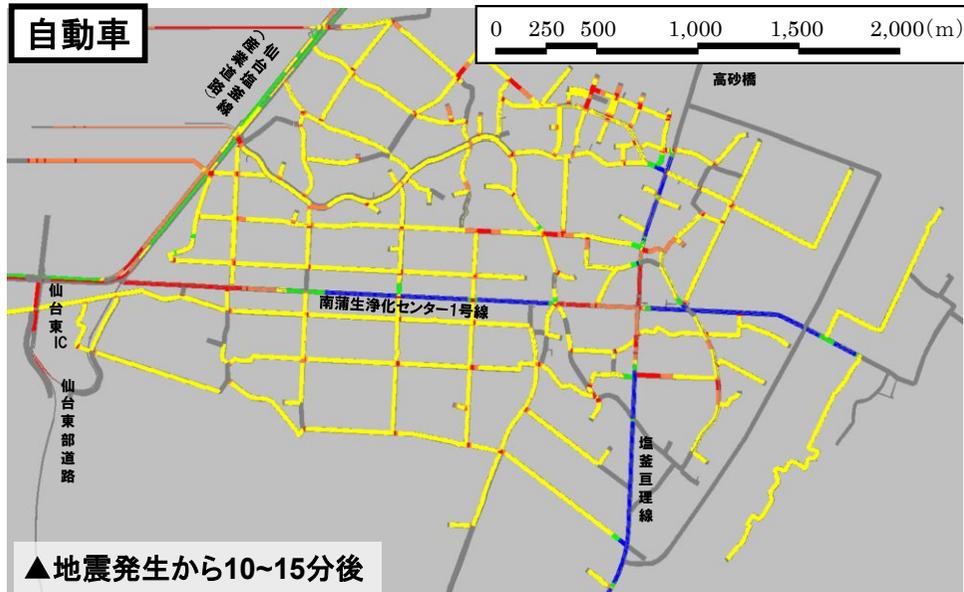
2. 避難行動シミュレーションの解析結果

(3) ケース3における自動車の渋滞状況図(宮城野区)

▼シミュレーション範囲



- ① 津波到達時(地震発生45分後)までに避難が完了
- ② 集落や農地からの車両が幹線道路に集中すると、避難が完了できない可能性



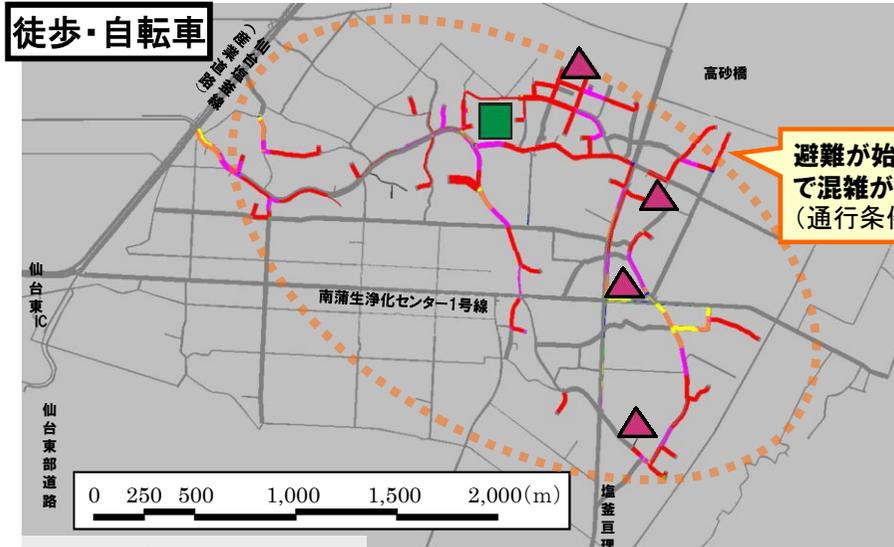
2. 避難行動シミュレーションの解析結果

(3) ケース3における徒歩・自転車の混雑状況(密度)(宮城野区)

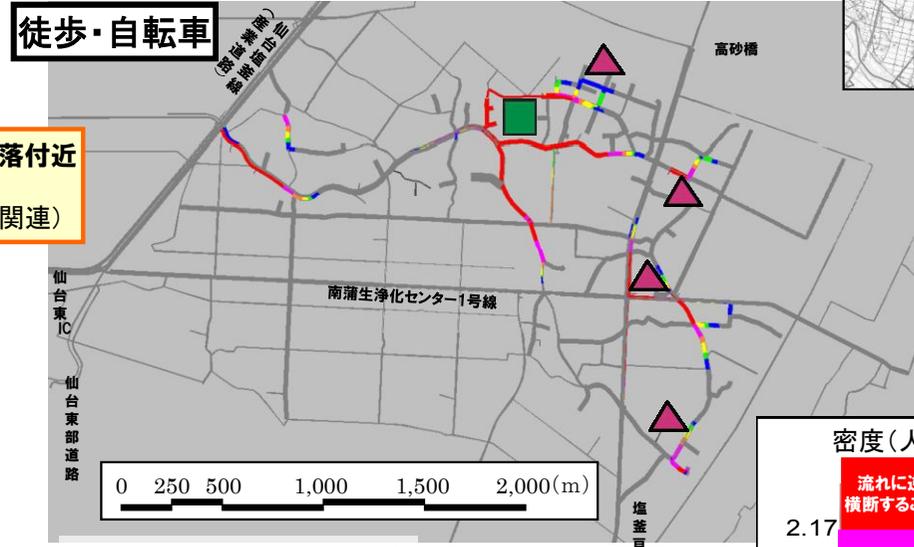
▼シミュレーション範囲



- ① 10～15分後は、岡田地区等の避難開始地点周辺で混雑が発生している状況
- ② 岡田小学校の周辺等では、30～35分後に一部避難が完了していない状況

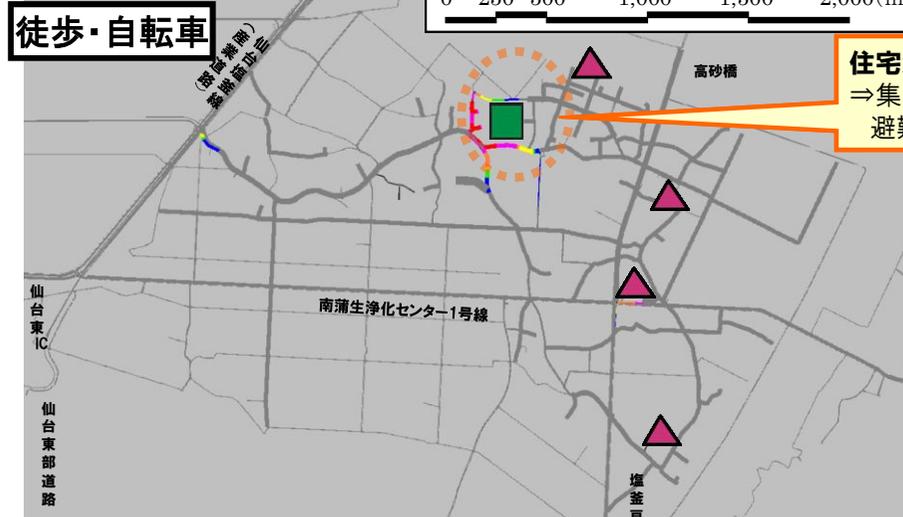


▲地震発生から10～15分後



▲地震発生から20～25分後

避難が始まる集落付近で混雑が発生(通行条件c,eと関連)



▲地震発生から30～35分後

住宅が密集している集落で避難が完了していない
⇒集落近くの避難施設(△)の容量不足により、遠くにある避難施設(■)に逃げなければならないため

- 【凡例】
- : 既存の避難施設(市施設)
 - △ : 避難施設の配置を検討する市有地等

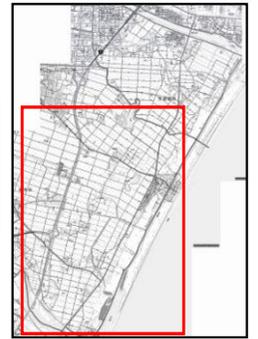


【出典】歩行者密度分析(LOS評価尺度)
: 歩行者の空間(J.J.フルーイン, 1974年, 鹿島出版会)

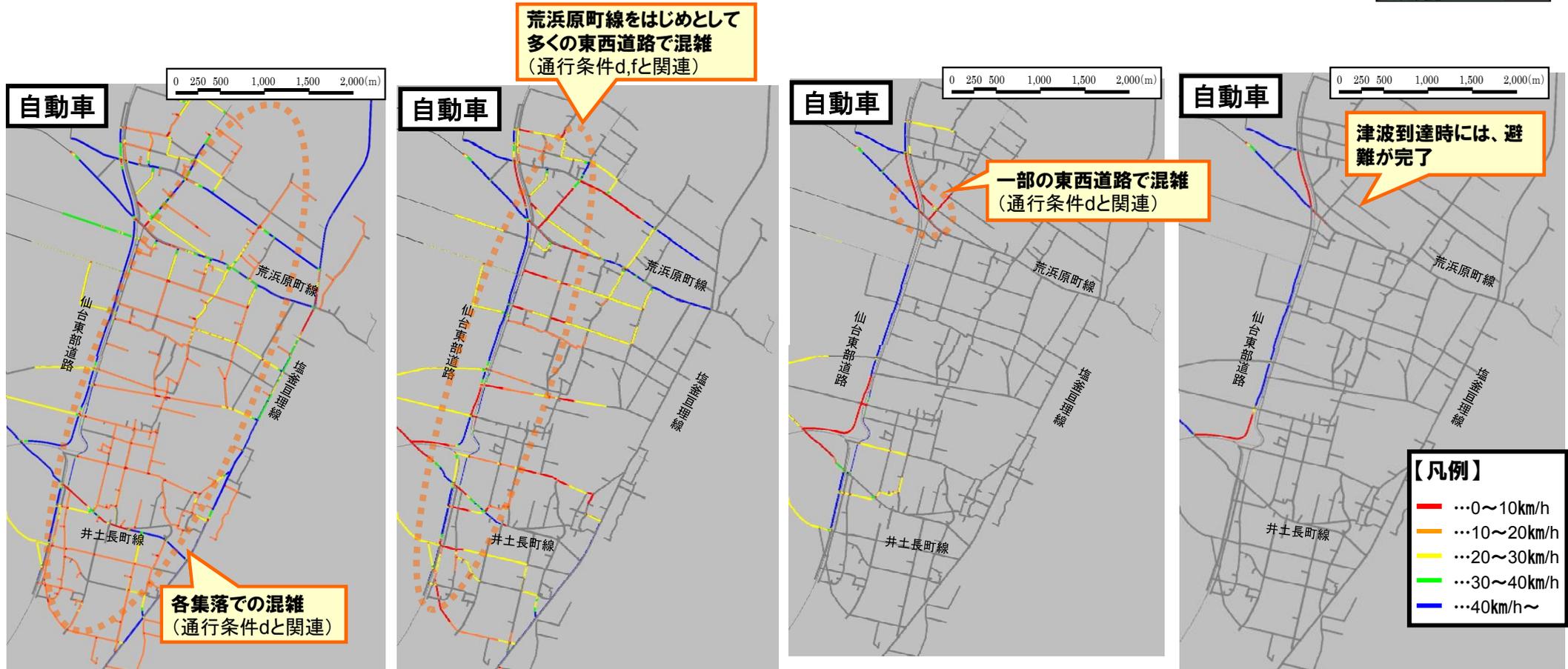
- 徒歩・自転車の通行条件
- a 信号は停止状態
 - b 道路の寸断は、条件に組み込まない
 - c 車との間隔を判断して交差点を横断
 - d 最短時間で移動できる経路で避難
 - e 追い越しを考慮し並列通行(3列通行)
 - f 歩道のない道路は、道路の左側を通行

(3) ケース3における自動車の渋滞状況図(若林区)

▼シミュレーション範囲



- ① 津波到達時(地震発生45分後)までに避難が完了
- ② 集落や農地からの車両が幹線道路に集中すると、避難が完了できない可能性



▲地震発生から10~15分後

▲地震発生から20~25分後

▲地震発生から30~35分後

▲地震発生から40~45分後

■自動車の通行条件(一部)

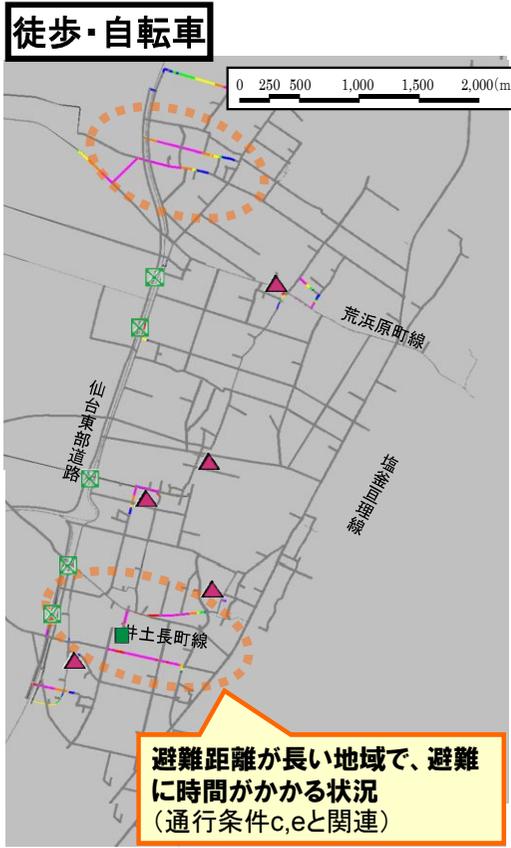
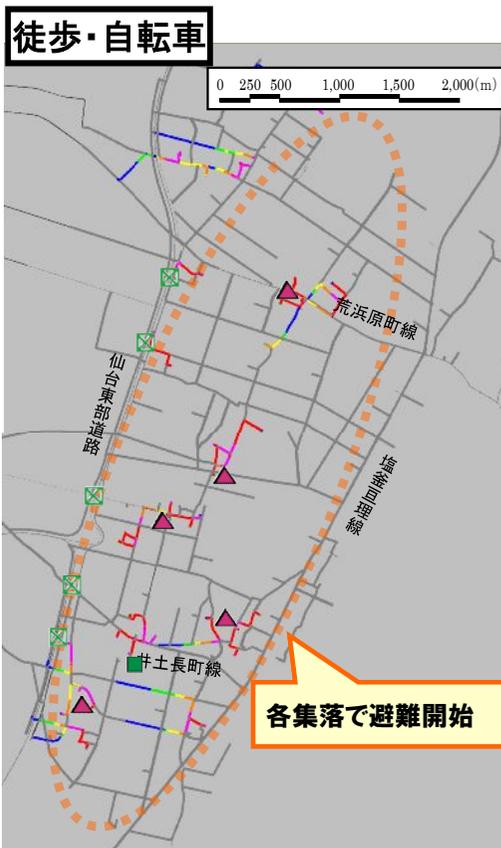
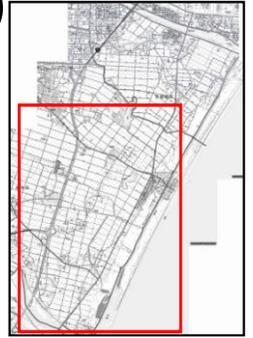
- a 信号は停止状態
- c 道路の寸断は、条件に組み込まない
- e 道路上の避難者は、**幹線道路**に経路を固定

- b 狭い道路は、避難方向のみ通行可
- d 渋滞交差点では、**車両1台ずつが交互に合流**
- f 集落・農地の避難者は、**最短時間で移動できる経路**で避難

2. 避難行動シミュレーションの解析結果

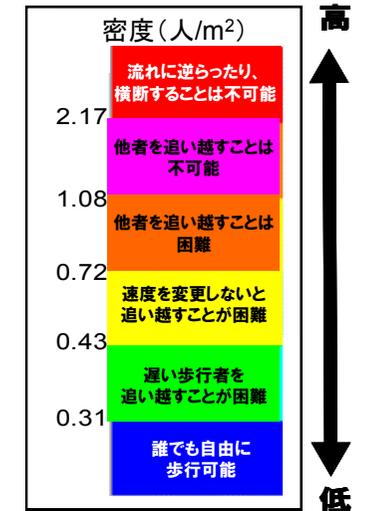
(3) ケース3における徒歩・自転車の混雑状況(密度)(若林区) ▼シミュレーション範囲

- ① 10～15分後には、多くの集落で混雑が発生している状況
- ① 地震発生から30～35分後に一部避難が完了していない地域がある



【凡例】

- : 既存の避難施設(市施設)
- ▲ : 避難施設の配置を検討する市有地等
- ☒ : 東部道路法面の避難階段



▲地震発生から10~15分後

▲地震発生から20~25分後

▲地震発生から30~35分後

- 徒歩・自転車の通行条件
- a 信号は停止状態
 - b 道路の寸断は、条件に組み込まない
 - c **車との間隔を判断して交差点を横断**
 - d **最短時間で移動できる経路**で避難
 - e 追い越しを考慮し並列通行(2列通行)
 - f 歩道のない道路は、道路の左側を通行

【出典】歩行者密度分析(LOS評価尺度)
: 歩行者の空間(J.J.フルーイン, 1974年, 鹿島出版会)

(4) まとめ1 (結果から把握できる課題)

シミュレーション結果から把握した課題と対応の方向性を以下にまとめる。

		シミュレーション結果	課題	課題対応の方向性
シミュレーションの結果から把握できる課題	自動車での避難に関する課題	① ケース1(現状の自動車利用) →時間内の避難完了ができない ケース2、3(自動車利用を抑制) →時間内に避難が完了する	自動車利用率が高い場合、渋滞が発生し、津波到達予想時間までに避難が完了できない可能性がある 海岸公園から自動車避難した場合、駐車場から出られず、一般道も渋滞し、避難が完了できない可能性がある	自動車利用に関する避難ルールの設定・周知が重要(要援護者を基本とするなど) 海岸公園利用者への避難ルールの周知徹底が重要
	徒歩等での避難に関する課題	② ケース3(現実的に検討可能と考えられる市有施設、市有地等を避難先と想定) →時間内に概ね避難が完了する	迅速かつ的確に避難行動を行わないと、一部の人の避難が完了できない可能性がある	なるべく早く避難を開始するために、地域による避難計画の作成、避難訓練の実施、等が重要 避難先までの移動時間を短縮するために、地域による避難計画の作成、避難訓練の実施、誘導標識等の設置、避難路の整備、等が重要 スムーズに高所へ移動するために避難訓練の実施、階段の幅や勾配の配慮、夜間照明の設置、等が重要
	避難行動全体に関する課題	③ ケース2、3では、時間内に避難が完了しているものの、東部道路を通過する部分など特定の場所で、大きな混雑が発生している	大きな混雑が発生している場所では、自動車が避難する方向(原則、内陸方向のみ)など前提条件が満たされない場合、他の場所で混雑が発生するなどによって、避難が完了できない可能性がある	前提条件を満たすための対応が重要 前提条件が満たされない場合のリスク管理が重要

(4) まとめ2(前提条件から想定される課題)

前提条件の不確実性から想定される課題と対応の方向性を以下にまとめる。

	シミュレーション条件	確実に実行できないことにより生じる課題	課題対応の方向性
想定される課題 (前提条件通りに避難できないことにより生じる課題)	自動車での避難に関する課題	①車両故障や道路損傷などによる道路寸断は発生しない	車両故障、道路損傷などにより、道路が寸断された場合、速度低下、Uターン等で交通が錯綜し、自動車での避難が完了できない可能性がある 地震に強い道路構造とすることが重要 故障車などの駐停車を想定した道路幅員の確保が重要
		②渋滞交差点では、各方向から来る車両が1台ずつ交互に合流する	交差点で自動車の円滑な合流が出来ない場合、渋滞が一層深刻化し、避難が完了できない可能性がある 交差点での譲り合いが重要 適切な交差点構造の検討が重要
		③道路上の避難者(通過交通)は3本の主要避難道路、集落・農地の避難者は最短時間で移動できる経路により避難	通過交通が細街路に入り込む、あるいは集落からの避難者が幹線道路に集中するなどにより、特定の場所で渋滞が発生し、避難が完了できない可能性がある 適切な自動車避難経路の周知・啓発が重要 津波避難の案内標識などについて、適切な設置の検討が重要
		④東西方向の道路は、原則、避難方向(内陸側)への移動のみ	避難方向と逆方向に移動する車両が発生した場合、速度低下、Uターン等で交通が錯綜し、自動車での避難が完了できない可能性がある 自動車避難時の一方通行可等のルール設定・周知が重要
		⑤仙台東部道路以西では、避難車両を受け入れるスペースが十分にあると想定する	仙台東部道路以西への避難車両の多くが、道路上に停車した場合、後続車両が渋滞し、避難が完了できない可能性がある 仙台東部道路以西における避難先の指定やその駐車スペース対策の検討が重要
		徒歩等での避難に関する課題	⑥ ・歩道の無い道路は、歩行者は道路の左側を通行し、その脇を自動車が行く ・追い越しを考慮し、並列通行で追い越し可能とする
⑦徒歩等は、最短時間で移動できる経路で避難する(避難経路が分散)	特定の道路に歩行者等が集中した場合、避難が完了できない可能性がある 分かりやすい適切な避難経路の設定・周知が重要 避難者の集中が避けられない狭幅員歩道での対策の検討が必要		
避難行動全体に関する課題	⑧地震発生5～15分後に避難を開始する		避難開始が遅れた場合、避難が完了できない可能性がある なるべく早く避難を開始するために、地域による避難計画の作成、避難訓練の実施、等が重要
	⑨自宅に戻る、海を見に行くなど、避難以外の行動をしないと想定する	自宅に戻る、海を見に行くなど、避難以外の目的で移動をした場合、避難開始が遅れ、避難が完了できない可能性がある 避難以外の行動はとらずに、迅速な避難開始が重要	