

< 2 - 3 避難シミュレーション >

目 次

< 手 順 編 >

1. 避難シミュレーション	5-2
1.1 フローチャート	5-2
1.2 建物倒壊方向予測調査	5-2
1.3 避難に要する時間	5-4
1.4 避難速度	5-5
1.5 避難時間	5-8
1.6 発生人口の割り当てについて	5-8
1.7 避難シミュレーション例	5-9
1.8 混雑度の検証	5-19

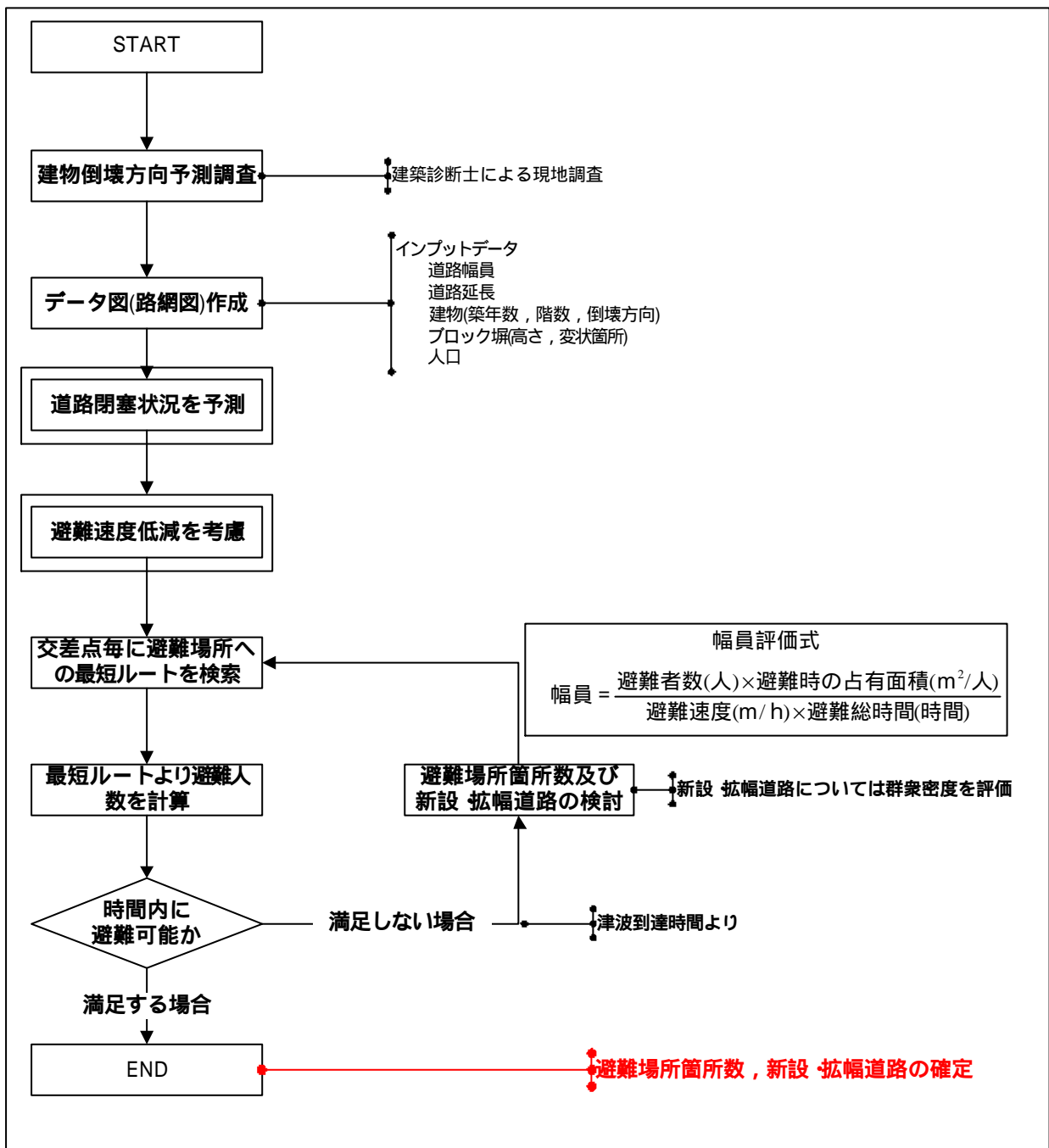
< 資 料 編 >

2. 避難訓練概要	5-21
-----------------	------

< 手 順 編 >

1. 避難シミュレーション

1.1 フローチャート



1.2 建物倒壊方向予測調査

避難シミュレーションを実施するに当たり、建築診断士の協力の基に地区内の建物倒壊方向予測調査を行う。

参考までに、上ノ加江地区で実施した例を次頁に示す。

建物倒壊の要素

地震源が南海トラフ上であるため東西方向の揺れが大きい。(周期が長い)

家屋の開口部及び構造上の弱点箇所側に倒壊すると仮定。

(尚、 の揺れの方向を考慮した上で仮定)

(1) 建物倒壊方向予測調査

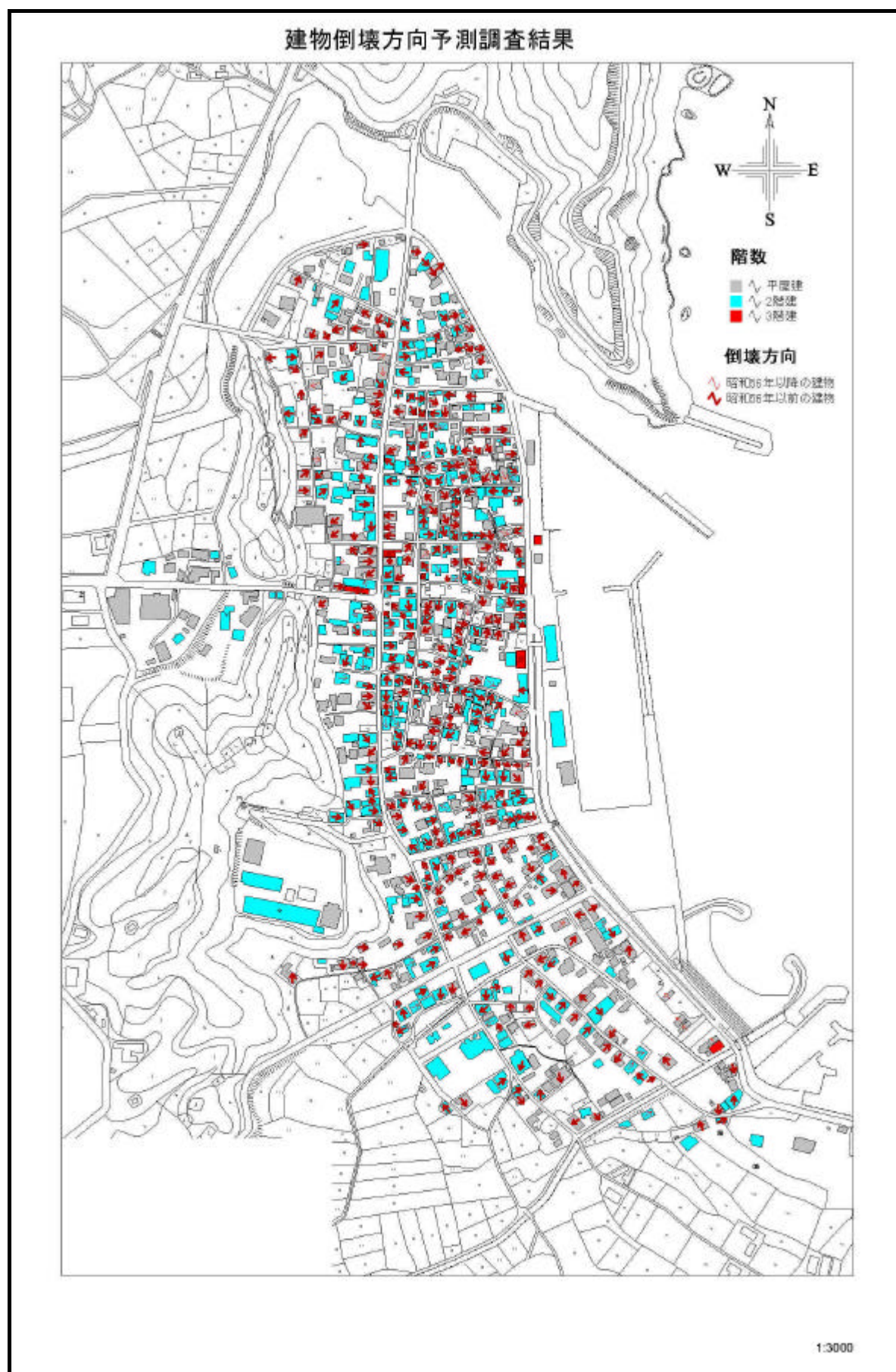


図 1-1 建物倒壊方向予測調査結果

1.3 避難に要する時間

「高知県津波防災アセスメント補完調査」(高知県危機管理課,平成17年3月)資料より,計画地域内に津波第1波が到達する時間(1)を読み取る。

また,避難時間の内訳は「図1-2 避難時間フロー」とする。

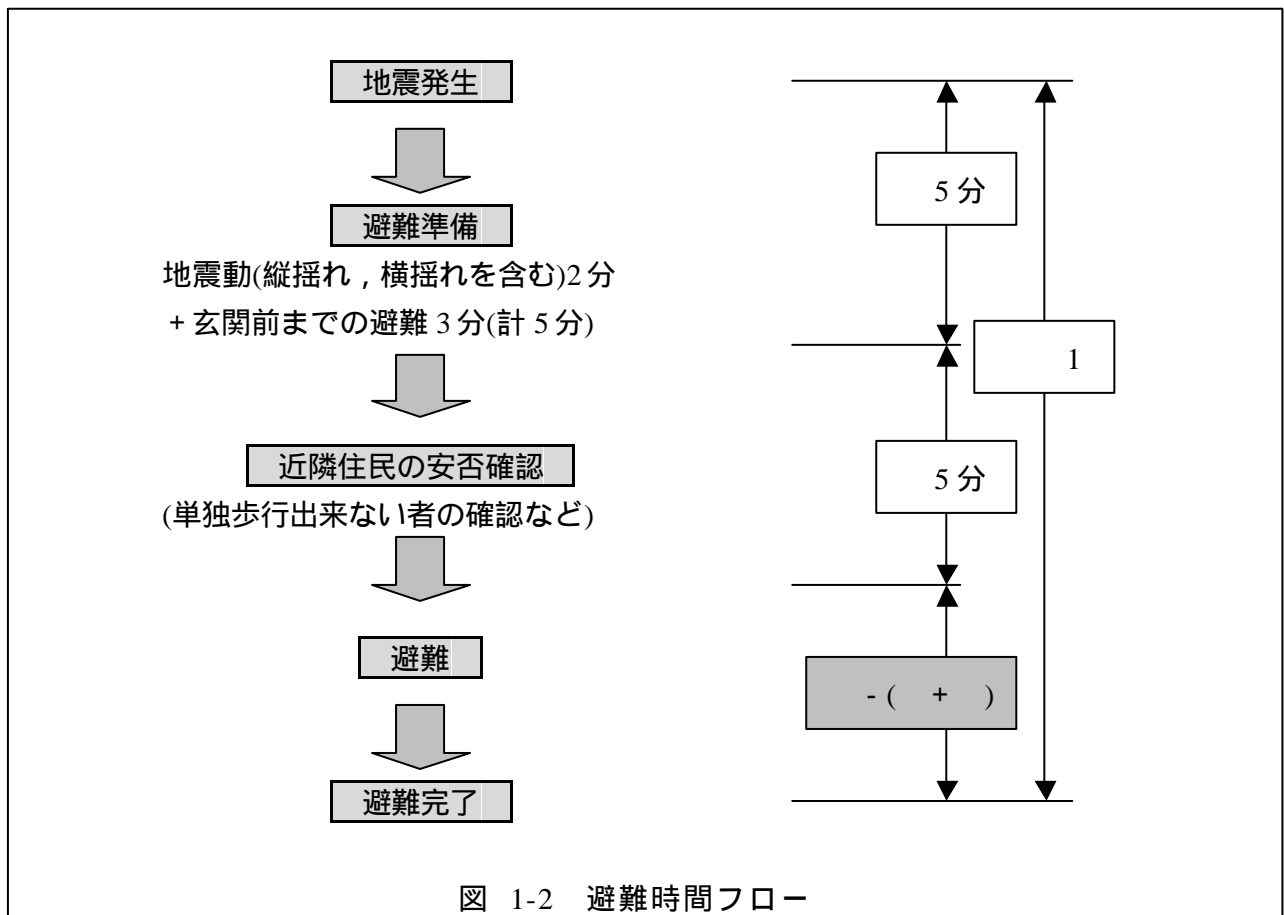
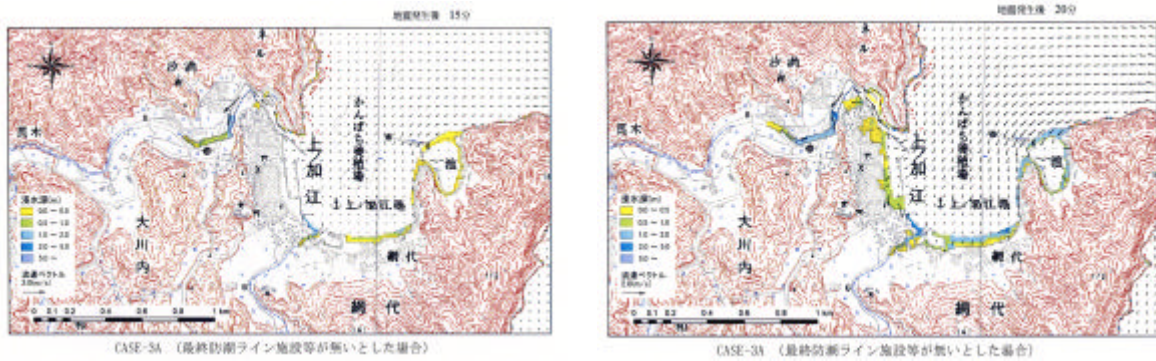


図 1-2 避難時間フロー

故に,避難に要する時間は

$$\boxed{\text{津波第1波到達時間(1)}} - \boxed{\text{避難準備(5分)}} - \boxed{\text{近隣住民の安否確認(5分)}} = \boxed{\text{避難に要する時間(分)}}$$

となる。

1.4 避難速度

避難速度は「県調委 第3号 漁港漁村津波対策基本方針策定委託業務」(高知県漁港課, 平成17年3月)における避難速度計測実験結果(表1-1 採用値一覧表)を標準とする。
計測実験の概要は, p.5-21 ~ p.5-23参照。



避難速度計測実験の様子

表 1-1 採用値一覧表

項目		採用値	
基本速度	走行	20名グループ走行速度(最後尾)	1.596 m/s
	歩行	20名グループ歩行速度(最後尾)	1.146m/s
基本速度に係る低減率		疲労係数	$C_1=0.9$
		援助率	$C_2=0.9$
		現実率	$C_3=0.8$
漁村における避難速度	走行	$1.596 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.8$ より	1.034m/s
	歩行	$1.146 \times 0.9 \times 0.9 \times 0.8$ より	0.743m/s
避難速度に係る低減率		変状のあるブロック塀倒壊による低減	$F_1=0.7$
		新耐震以前の平屋建て倒壊による低減	$F_2=0.5$
		昼夜率	$T=0.9$
避難路幅員の妥当性検証		避難時の占有面積	$1.22 \text{ m}^2/\text{人}$

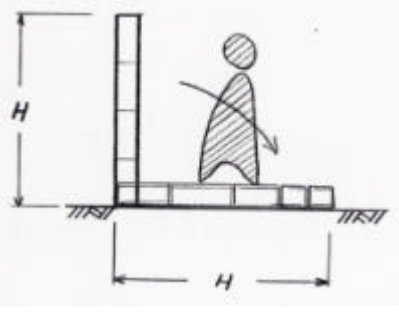

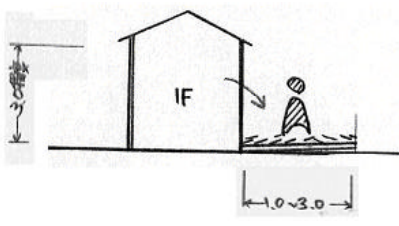

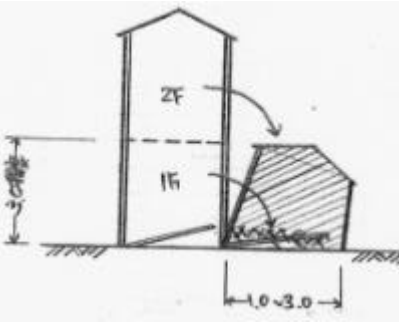

ここで, 表 1-1の補足説明を表 1-2に示す。

表 1-2 補足説明

項目	内容
疲労係数	避難速度計測実験は短い距離で計測実験を行ったが, 実際には長距離の避難が考えられるため, 体力的疲労による速度低減の割合を「疲労係数」と定義した。
援助率	避難時は各地域において災害弱者を援助しながら避難することが考えられるため, 援助することによる速度低減の割合を「援助率」と定義した。
現実率	実験より得られた低減率は, 同じ条件において繰り返し計測するため, ある程度の教育効果の影響が考えられるため, 実際に被災した状況(液化化等の影響)による速度低減の割合を「現実率」と定義した。

(1) 倒壊状況と低減率

表 1-3 被害状況と低減率の参考例

項目	模式図	概要	参考事例
変状のある ブロック塀		避難可能	
		ブロック塀高さ H(W ₁)分閉塞	
		低減率：F ₁ =0.7	
新耐震以前の建物		避難可能	
		W ₂ =1.0~3.0m 閉塞	
		低減率：F ₂ =0.5	
		避難不能	
		W ₃ =1.0~3.0m 閉塞	
		低減率：0	

ここで W₂ 及び W₃ の「1.0~3.0m閉塞」とは、道路端から建物までの離れより決定する。

(2) 避難速度に係る低減率の算出

避難シミュレーションを行う際の交差点間の避難速度は、下記に示す低減率(F)の算定式により交差点間毎に低減率を考慮して算出する。

低減率(F)の算定式

$$F = (W_1 \times F_1 / (W - W_3) + W_2 \times F_2 / (W - W_3) + (W - W_1 - W_2 - W_3) \times 1.0 / (W - W_3)) \times T$$

幅員		低減率	
W	全幅(m)	F	交差点間における低減率
W ₁	変状のあるブロック塀(m)	F ₁	変状のあるブロック塀：0.7
W ₂	新耐震以前の平屋建て(m)	F ₂	新耐震以前の平屋建て：0.5
W ₃	新耐震以前の2階建て(m)	T	昼間：1.0，夜間：0.9

(W - W₃)より、通行可能幅員内で低減率を算出する。

W₁、W₂、W₃、F₁、F₂については表 1-3参照。

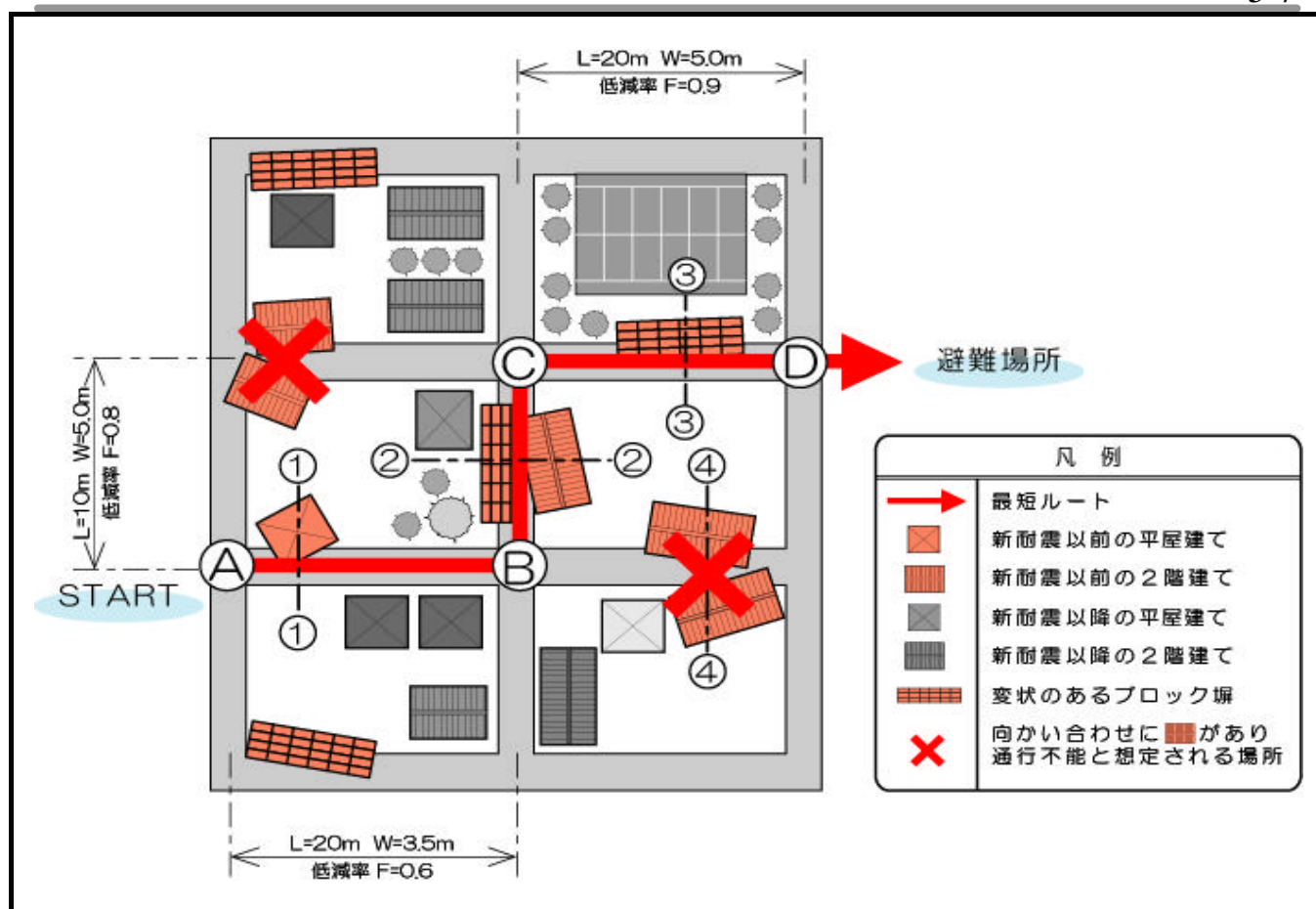


図 1-3 イメージ図

表 1-4 交差点間の避難速度参考例

交差点間の代表断面	模式図(図中の()内は低減率を表す)	結果
断面		低減率
		$F = 3.0\text{m} \times 0.5 / 3.5\text{m} + 0.5\text{m} \times 1.0 / 3.5\text{m} = \mathbf{0.6}$
		A - B 区間避難速度
		$1.034\text{m/s} \times 0.6 = \mathbf{0.620\text{m/s}}$
		備考 通行可能幅員：3.5m
断面		低減率
		$F = 1.5\text{m} \times 0.7 / 2.0\text{m} + 0.5\text{m} \times 1.0 / 2.0\text{m} = \mathbf{0.8}$
		B - C 区間避難速度
		$1.034\text{m/s} \times 0.8 = \mathbf{0.827\text{m/s}}$
		備考 通行可能幅員：5.0m - 3.0m = 2.0m

断面		低減率
		$F = 1.5\text{m} \times 0.7 / 5.0\text{m} + 3.5\text{m} \times 1.0 / 5.0\text{m} = \mathbf{0.9}$
		C - D区間の避難速度
		$1.034\text{m/s} \times 0.9 = \mathbf{0.931\text{m/s}}$
断面		低減率
		$F = 3.0\text{m} \times 0 / 6.0\text{m} + 3.0\text{m} \times 0 / 6.0\text{m} = \mathbf{0}$
		区間避難速度
		$1.034\text{m/s} \times 0 = \mathbf{0\text{m/s}}$
		備考
		通行可能幅員：5.0m
		備考
		通行可能幅員：6.0m - 3.0m × 2 = 0m

1.5 避難時間

以上により，参考例においてはA地点からD地点までの避難時間は，

$$\text{避難時間} = 20\text{m} / 0.620\text{m/s} + 10\text{m} / 0.827\text{m/s} + 20\text{m} / 0.931\text{m/s} = 66\text{s}$$

1.6 発生人口の割り当てについて

発生人口は「国勢調査人口データ」及び「国勢調査行界範囲」を基本条件に割り当てる。さらに，道路で区分された，1区画毎に発生人口を割り当てる。ここで，現地調査結果の「建物棟数」及び「国勢調査世帯数」を掛けた値を発生人口とする。

また，割り当て後「国勢調査人口データ」と差違を確認する。以下に例を示す。

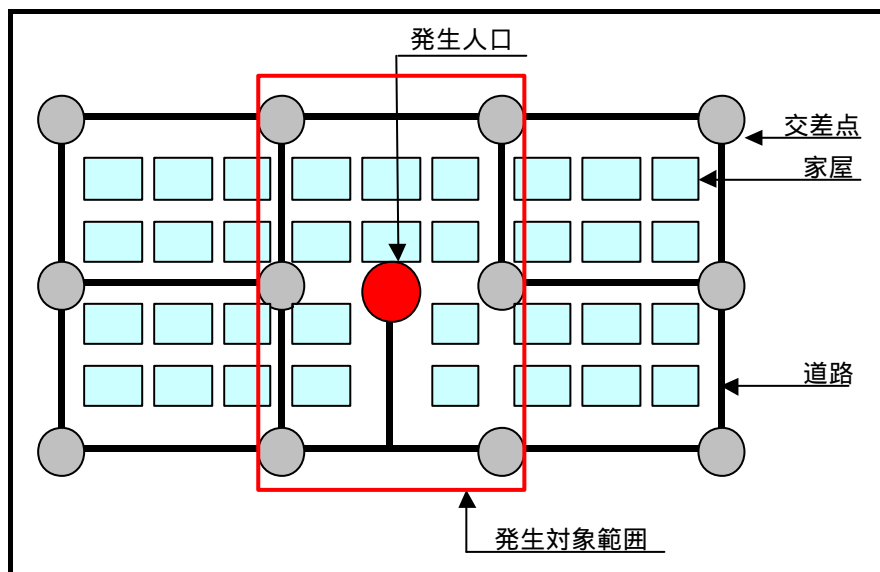


図 1-4 人口割り当てイメージ図

ここに， 家屋棟数：10棟， 世帯数：3.0人 とすると，

$$\text{発生人口} = \text{世帯数} \times \text{建物棟数} = 3.0\text{人} \times 10\text{棟} = 30\text{人}$$

1.7 避難シミュレーション例

参考までに、上ノ加江地区で避難シミュレーションを実施した例を以下に示す。

(1) 避難シミュレーション条件及び概要図

表 1-5条件一覧表

ケース	条件								道路 拡幅
	避難速度		道路条件		緊急避難広場				
	1.034m/s (走行)	0.743m/s (歩行)	県道の状況		A	B	C	D	
			想定通り	通行可能	上ノ加江 小学校	北山 (北側)	北山 (南側)	忠魂 墓地	
1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

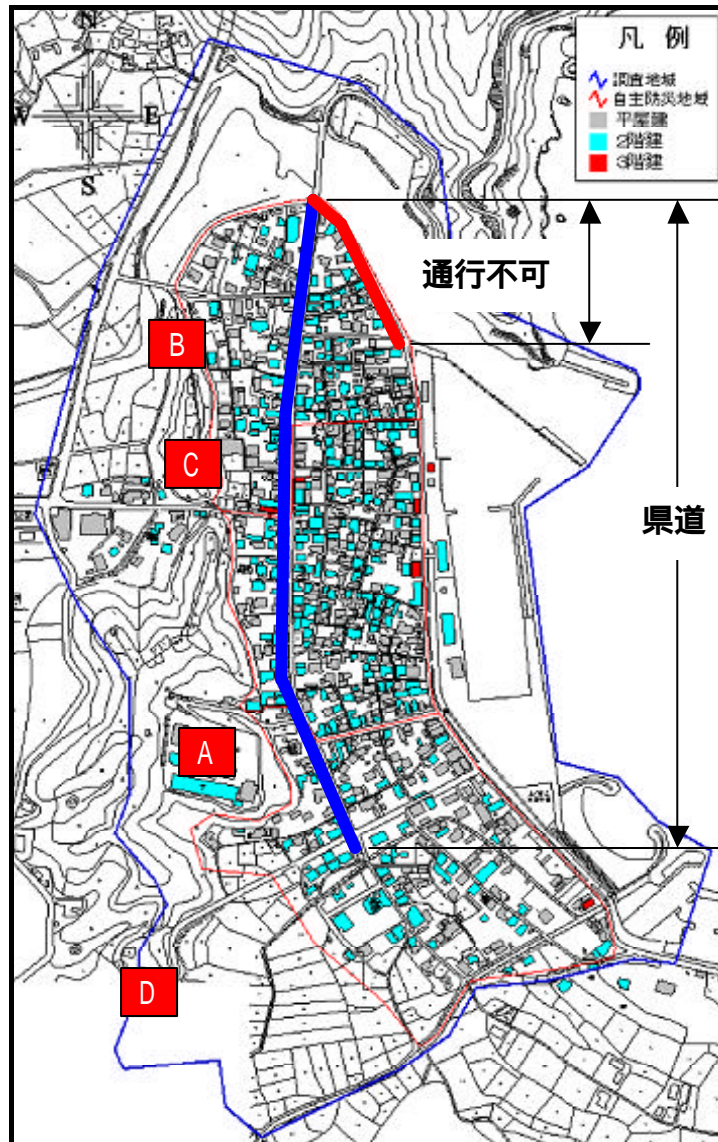


図 1-5 概要図

(2) 避難シミュレーション検討図

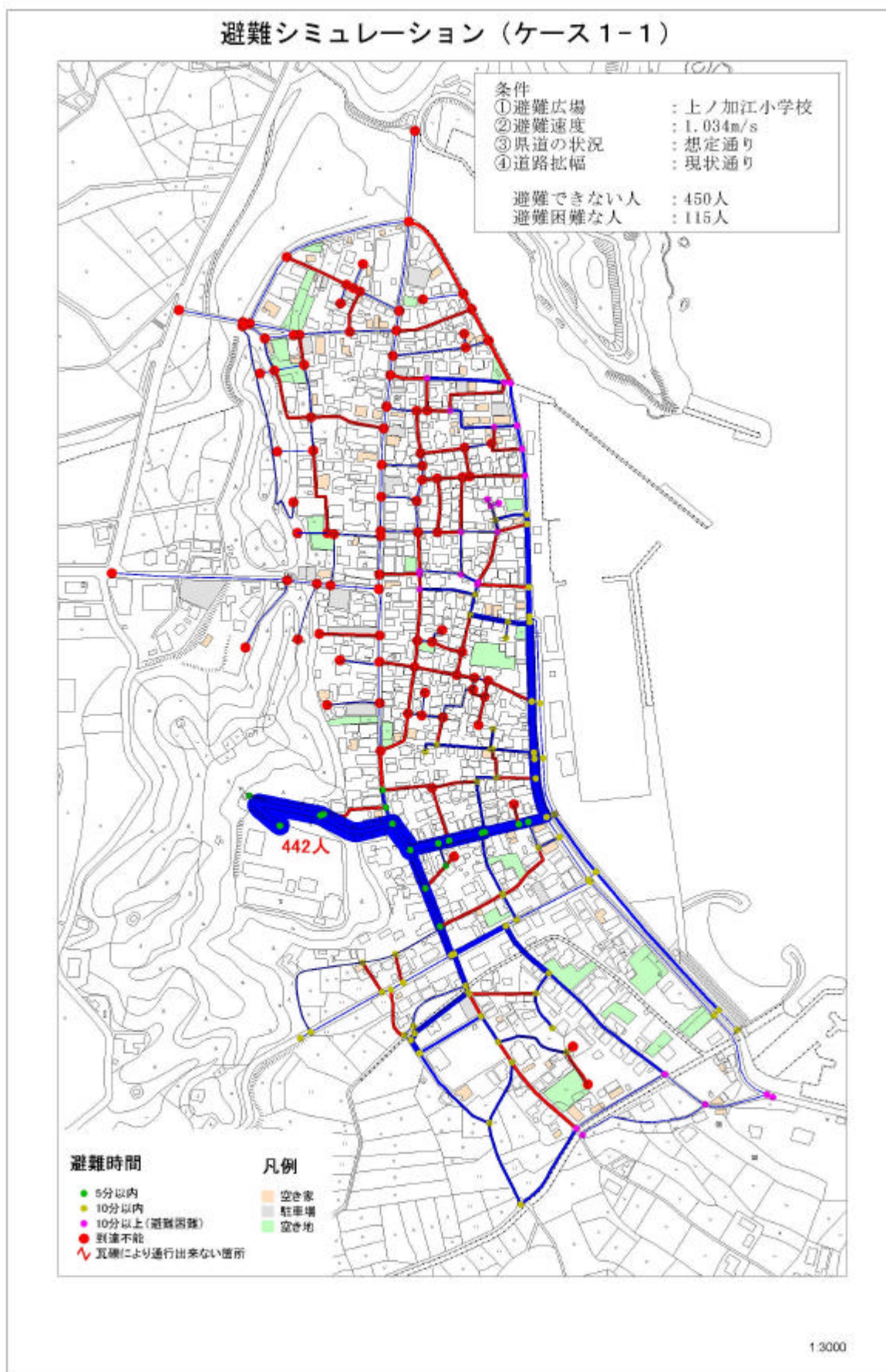


図 1-6 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-1

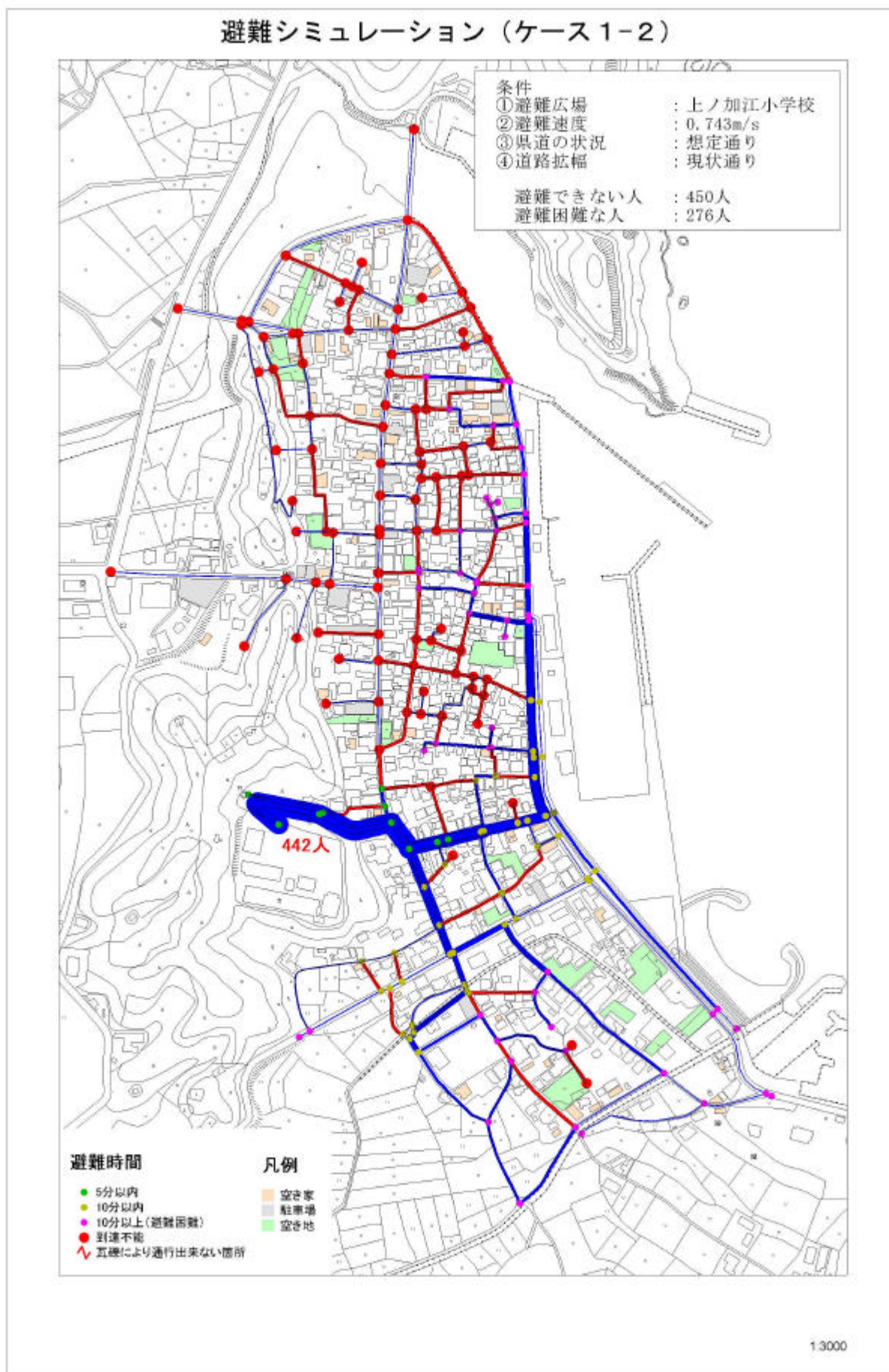


図 1-7 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-2

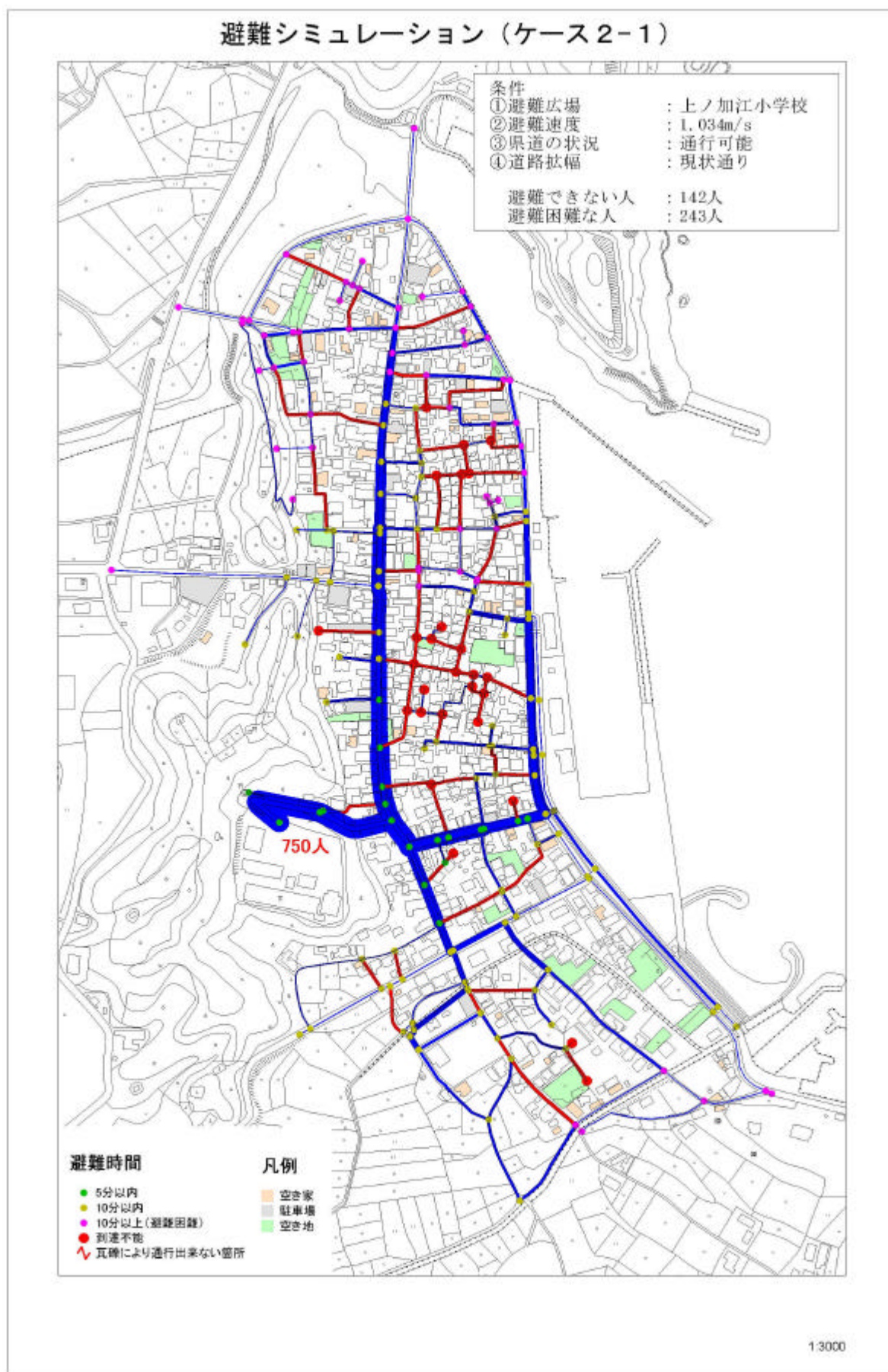


図 1-8 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-3

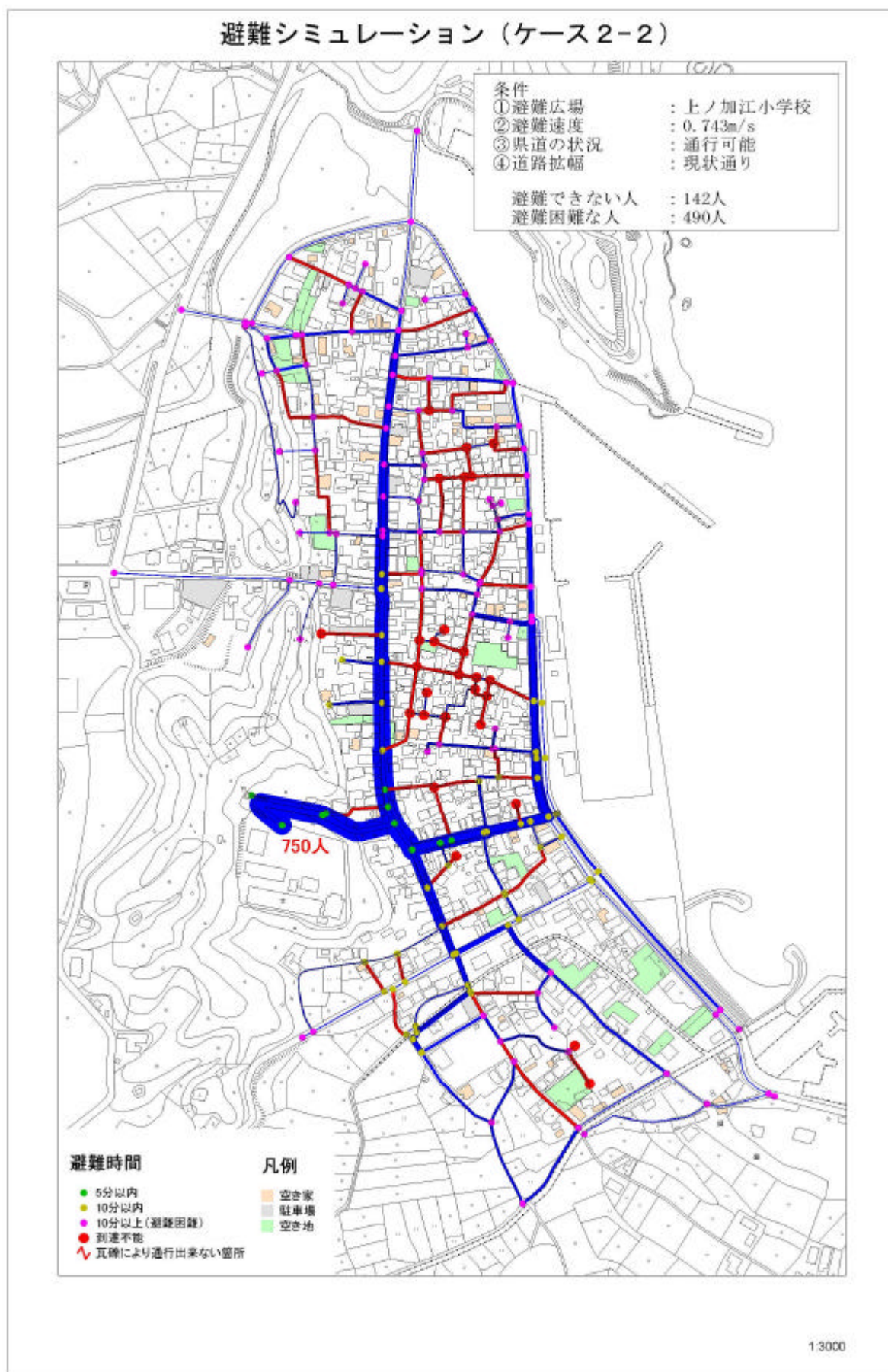


図 1-9 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-4

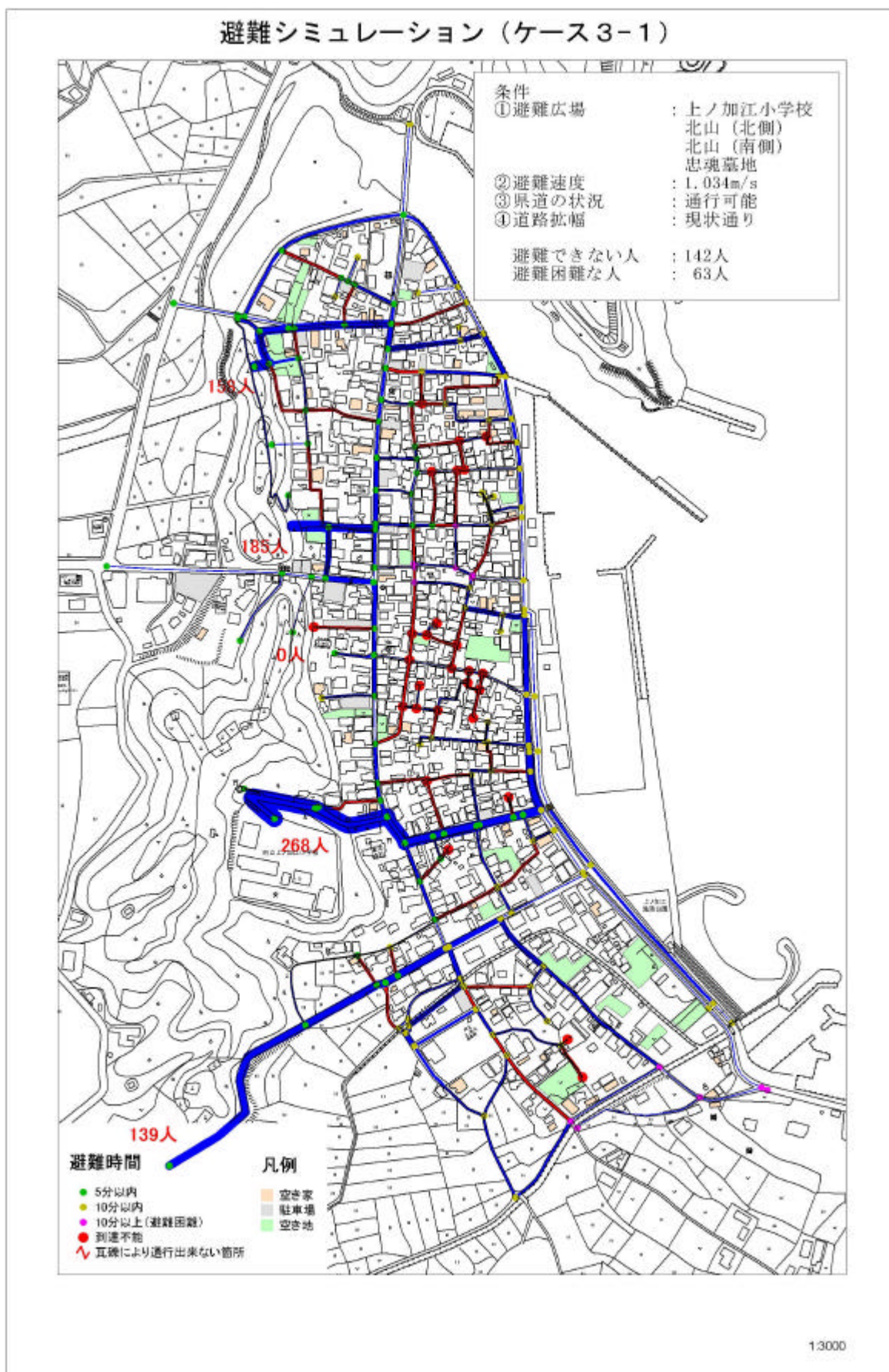


図 1-10 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-5

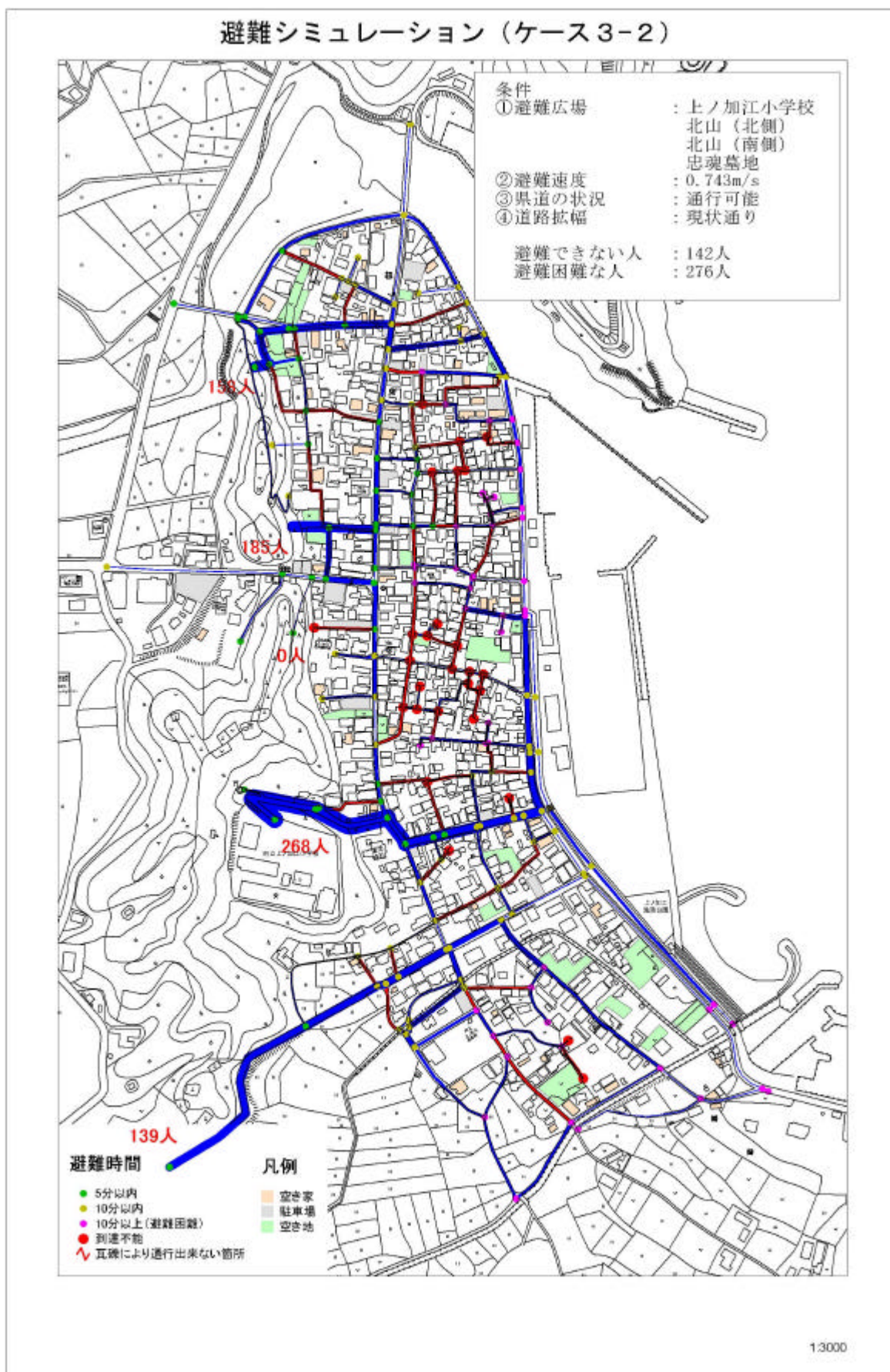


図 1-11 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-6

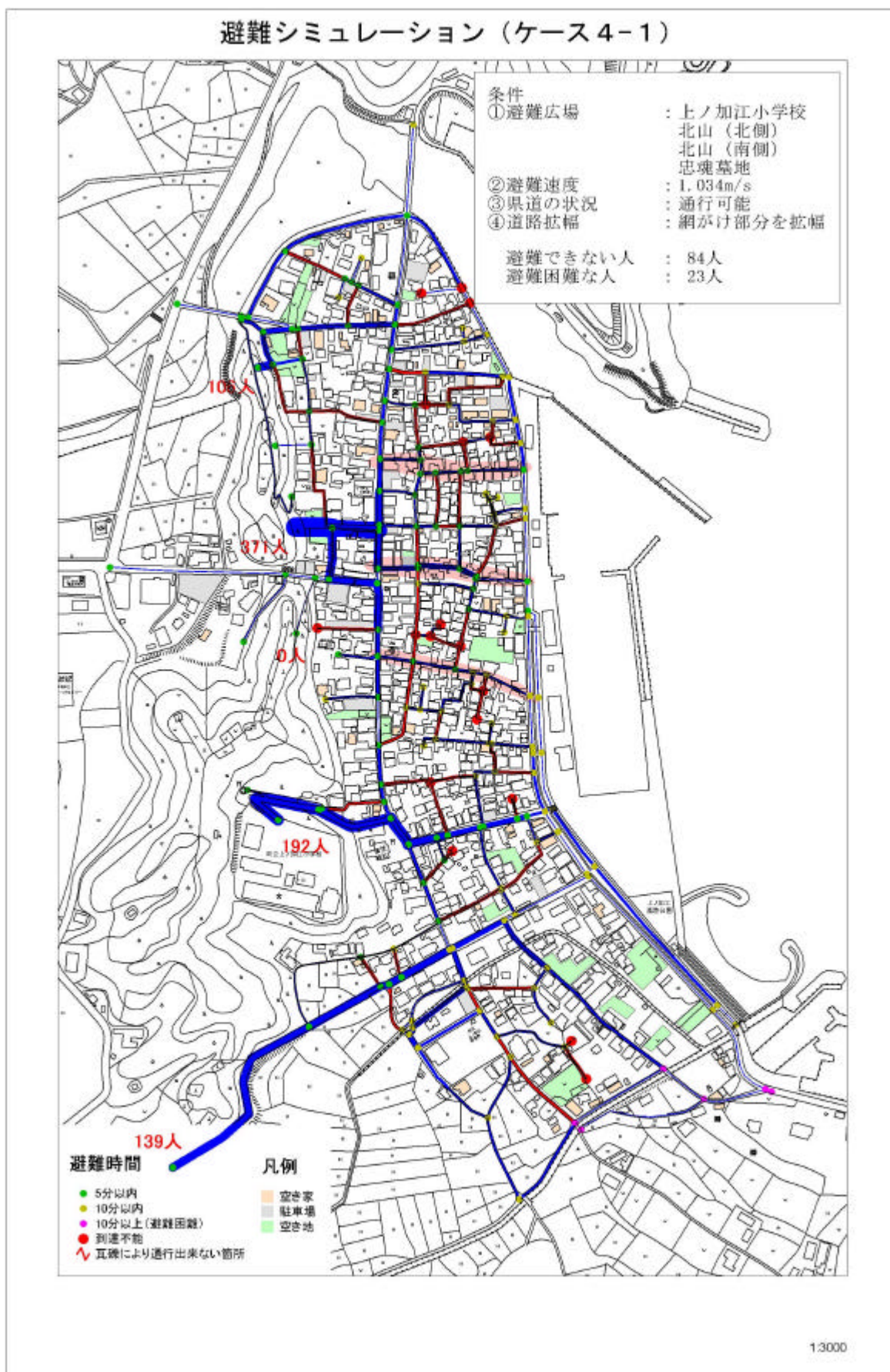


図 1-12 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-7

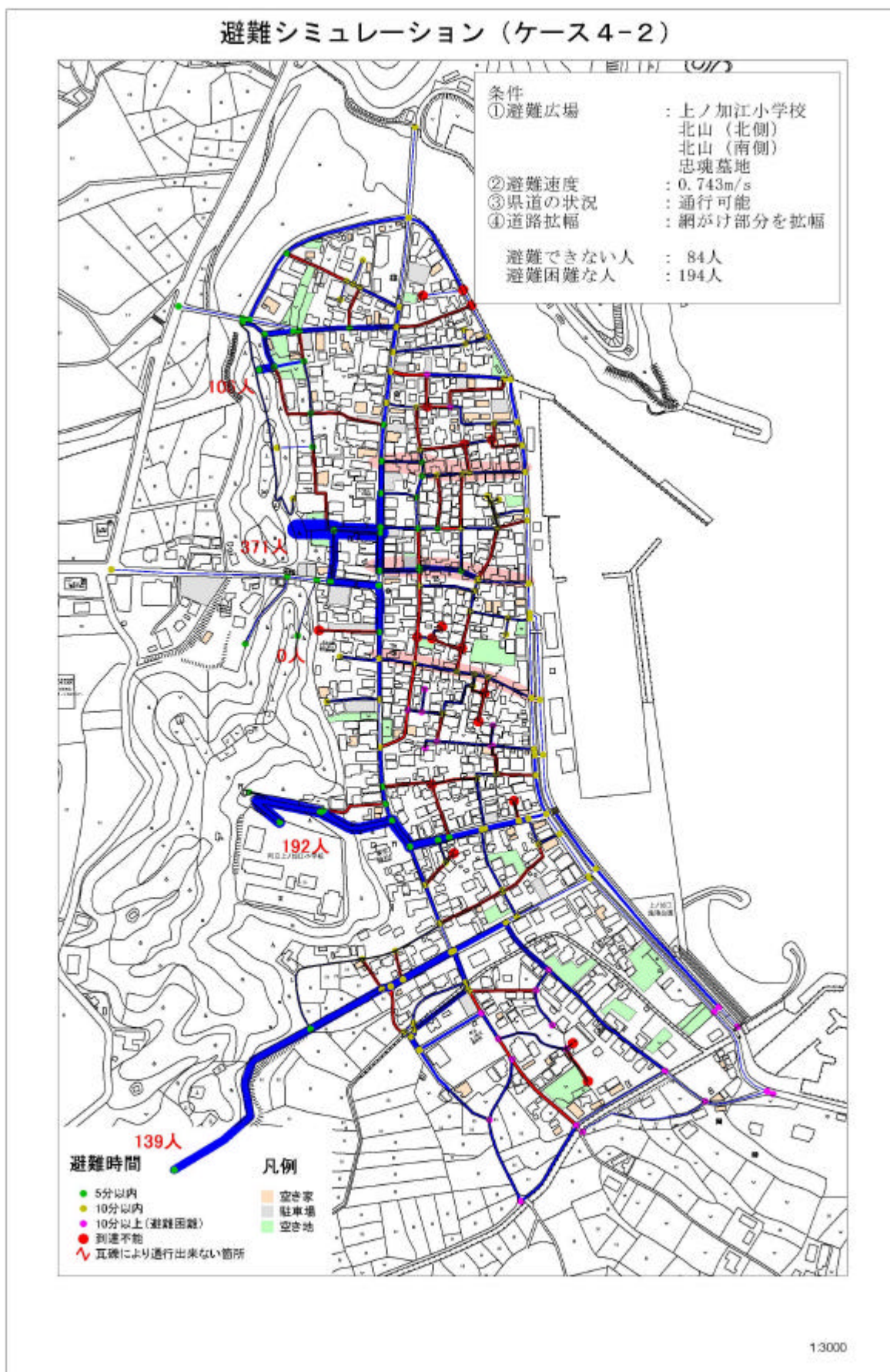


図 1-13 上ノ加江地区での避難シミュレーション検討図作成例-8

(3) 避難シミュレーション結果概要

表 1-6 避難シミュレーション結果概要

ケース	結果概要	緊急避難場所	避難者数 (人)
ケース 1	県道が新耐震以前の2階建ての建物の倒壊によって閉塞され、通行不能箇所が発生するため、海側回りの主ルートが発生する。 また、地区中心部(人口密集地域)では道路が閉塞され到達不能者が多数発生する。	A 上ノ加江小学校	442
ケース 2	県道及び上ノ加江川河口付近の堤防沿い道路が通行可能な状態とした結果、上ノ加江小学校への避難者数は増加するが、北地区の住民については避難時間が10分以上必要である。 また、歩行した場合、北地区及び中央地区北側からの避難時間が10分を超えてくる傾向にある。	A 上ノ加江小学校	750
ケース 3	ケース 2 の条件の基、緊急避難場所を右記の4ヶ所に増加させた場合、海側からの避難時間も10分以内で到達することが可能となり、避難者数を分散することも可能である。 また、歩行した場合は、海側からの避難時間が10分を超えてくる傾向にある。	A 上ノ加江小学校	268
		B 北山(北側)	158
		C 北山(南側)	185
		D 忠魂墓地	139
		合計	750
ケース 4 (道路拡幅を行った場合)	ケース 3 の条件に道路拡幅を考慮した場合、ケース 3 に比べ避難者数を更に50人ほど増加することが可能である。 走行した場合、南地区南側からの避難時間が10分を超えてくる傾向にある。 歩行した場合、中央地区中心部及び南地区南側からの避難時間が10分を超えてくる傾向にある。	A 上ノ加江小学校	192
		B 北山(北側)	106
		C 北山(南側)	371
		D 忠魂墓地	139
		合計	808
空屋、駐車場、空地について	空屋、駐車場、空地については位置が点在しており連続した地域がない。故に、シミュレーションには反映することは困難である。しかし、取り壊すことを前提にすることで交差点間の避難速度の向上は可能となる。 (閉塞される状況が少なくなるため低減率の向上を見込むことが可能である。)		
適用	人口総数：892人		

1) 到達困難・不能者への対策

以上の避難シミュレーション結果より、「10分以上(避難困難)」や「到達不能」とされる地域の対策としては、

：家屋の耐震補強，ブロック塀の撤去・補強，生垣等への変更により災害時に避難路を阻害する事を防ぐ

：では改善が困難な場合，到達困難・不能者が密集する地域に緊急避難場所を追加する等が考えられる。

1.8 混雑度の検証

避難シミュレーション結果より求められた避難者数により、避難場所進入路、新規拡幅道路の幅員については、次式により避難時の理想的な幅員を算出し、用地的に可能な場合、整備することが必要である。

$$\text{幅員}(m) = \frac{\text{避難者数(人)} \times \text{避難時の占有面積}(m^2/\text{人})}{\text{避難速度}(m/h) \times \text{避難総時間(時間)}}$$

ここで、上ノ加江地区での混雑度の検証例を示す。

避難時の占有面積($m^2/\text{人}$) : 1.22 $m^2/\text{人}$

避難速度(m/h) : 1.034 $m/s = 3722m/h \times$ 低減係数

避難総時間(時間) : 10 分 = 0.17 時間

とすると、表 1-7が求められる。

表 1-7 上ノ加江地区での混雑度検証例

ケース	緊急避難場所	幅員(m)		避難者数 (人)	交差点間の 避難速度 (m/h)	避難時の 占有面積 ($m^2/\text{人}$)	避難総時間 (時間)
		現状 (最小)	計算値				
ケース 1	A 上ノ加江小学校	4.4	> 0.9	442	3722	1.22	0.17
ケース 2	A 上ノ加江小学校	4.4	> 1.5	750	3722		
ケース 3	A 上ノ加江小学校	4.4	> 0.5	268	3722		
	B 北山(北側)	2.4	> 0.6	158	1861		
	C 北山(南側)	1.5	> 0.7	185	1861		
	D 忠魂墓地	3.0	> 0.3	139	3722		
ケース 4 (道路拡 幅有り)	A 上ノ加江小学校	4.4	> 0.4	192	3722		
	B 北山(北側)	2.4	> 0.4	106	1861		
	C 北山(南側)	1.5	> 1.4	371	1861		
	D 忠魂墓地	3.0	> 0.3	139	3722		

故に、緊急避難場所進入路の道路は、上表の混雑度検証結果より現状幅員で混雑の心配は少ないと考えられるが、避難施設構造基本計画より最小幅員は 3.0m 必要であり、上表ハッチ箇所において整備が必要であると考えられる。

< 資 料 編 >

2. 避難訓練概要

(1) 目的

今回の津波避難訓練は、人家が密集し、集落道も狭隘な漁村の特徴的な状況の中で、地震発生後、どのように漁村の人々を安全な場所まで避難させるか、地域の人々と一緒になって考えることを目的とした。

具体的には、ブロック塀が倒れ散乱、家屋が押しつぶされ倒壊した集落の状況を現地で造り出し、実際に老人や子ども、また、グループでの避難訓練を行うことにより、行動を分析、どのようにすればスムーズな避難が確保できるか、様々な路面状況と昼夜を想定し訓練を行った。



位置図

(2) 基本条件

実施日時：平成 16 年 12 月 19 日(日) 14:30～19:00

実施場所：スポーツ文化センター内広場，須賀神社付近

参加者：上ノ加江地区住民(20名：人数構成は当地区における年齢構成，男女比より決定)

	小学生	15～64歳	65歳以上	合計
男性	男女問わず	5名	3名	
女性		5名	5名	
小計	2名	10名	8名	20名

(3) 実施概要

グループ歩行・走行による避難行動の分析，速度の計測

単独歩行・走行による避難行動の分析，速度の計測

援助走行による避難行動の分析，速度の計測

(4) タイムスケジュール

スケジュール	内容
14:30	スポーツ文化センター内広場集合
14:30～15:00	内容の説明
15:00～16:30	昼間におけるグループ・単独・援助歩行の分析，計測
16:30～17:30	休憩：非常食品の試食等により実際に避難生活の臨場感を体験
17:30～19:00	夜間における単独・援助・グループ歩行の分析，計測

(5) 計測内容

～グループ歩行・走行～

訓練内容

グループ歩行・走行する場合の行動分析，速度計測を行った。

訓練環境

須賀神社の周囲路地(延長 100m 程度 幅員 1～2m 程度)において実施した。

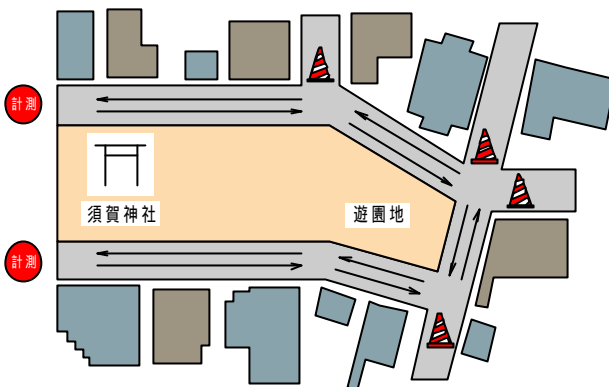
対象者

参加者全員(20名)で一斉に歩行した場合と2グループに分けて合流した場合を計測した。



グループ
20人

グループ歩行イメージ



～単独歩行・走行～

訓練内容

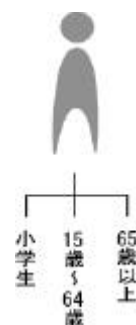
単独歩行・走行する場合の行動分析，速度計測を行った。

訓練環境

効率性を高めるため道路状況はケース 1, 2, 3 を連続的に計測できるように縦一列に配置し実施した。

対象者

参加者 20 名全員のデータを計測した。



～援助走行～

訓練内容

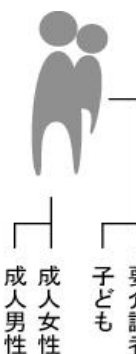
援助(災害弱者を助けながら)走行する場合の行動分析，速度計測を行った。

訓練環境

道路状況はケース 1 の場合で実施した。

対象者

- 1) 成人女性と子どもとの組合せを 2 組
- 2) 65 歳以上の人と子どもとの組合せを 1 組
- 3) 15～64 歳の人と要介護者(15～64 歳の中から 1 名仮定)の組合せを 1 組



道路状況イメージ

ケース 1	ケース 2	ケース 3
障害物の無い状態(平常時)	ブロック塀が倒壊した場合を想定(被災時)	家屋が倒壊した場合を想定(被災時)
6.0 m		
<p>現地調査結果より幅員 2m 前後の道路が当地区内の道路の多くを占めている事から決定した。</p>		

(6) 集計条件

採取されたデータのうち、突出したデータに関しては特異値と判断し、単純集計以外では除外して考える。

(7) 低減率決定フロー

