

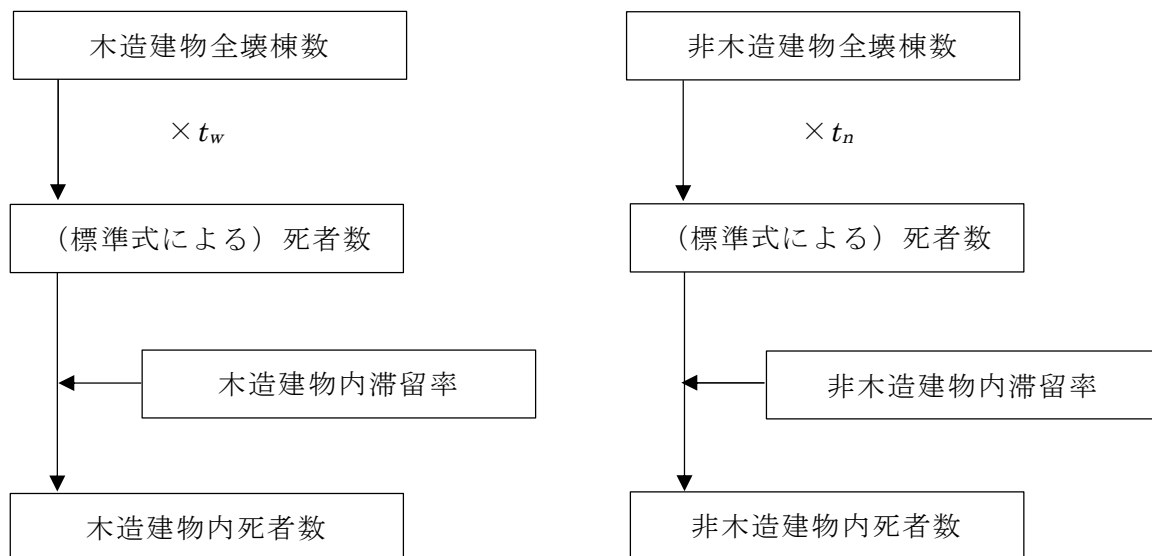
第4章 人的被害の想定手法

4.1 建物被害による死傷者

揺れによる建物被害を基に、人的被害（死傷者数、重傷者数、軽傷者数）を想定した。近年、死傷者が多数発生した地震を対象に人的被害率を設定した中央防災会議（2013）を用いて想定を行った。

(1) 死者数

○被害想定フロー



死者数＝（木造建物内死者数＋非木造内死者数）

木造建物内死者数＝木造建物内滞留率×標準式による死者数（木造建物）

非木造建物内死者数＝非木造建物内滞留率×標準式による死者数（非木造建物）

標準式による死者数（木造建物）＝ t_w ×木造建物全壊棟数

標準式による死者数（非木造建物）＝ t_n ×非木造建物全壊棟数

$t_w = 0.0676$

$$t_n = 0.00840 \times \left(\frac{P_{n0}}{B_n} \right) \div \left(\frac{P_{w0}}{B_w} \right)$$

※ t_w 、 t_n は、鳥取県西部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、能登半島沖地震、東日本大震災の内陸被災市町村における建物被害と負傷者数の関係から設定した死者発生率。

※ P_{w0} : 夜間人口（木造）、 P_{n0} : 夜間人口（非木造）、 B_w : 建物棟数（木造）、 B_n : 建物棟数（非木造）

木造建物内滞留率

＝発生時刻の木造建物内滞留人口÷朝5時の木造建物内滞留人口

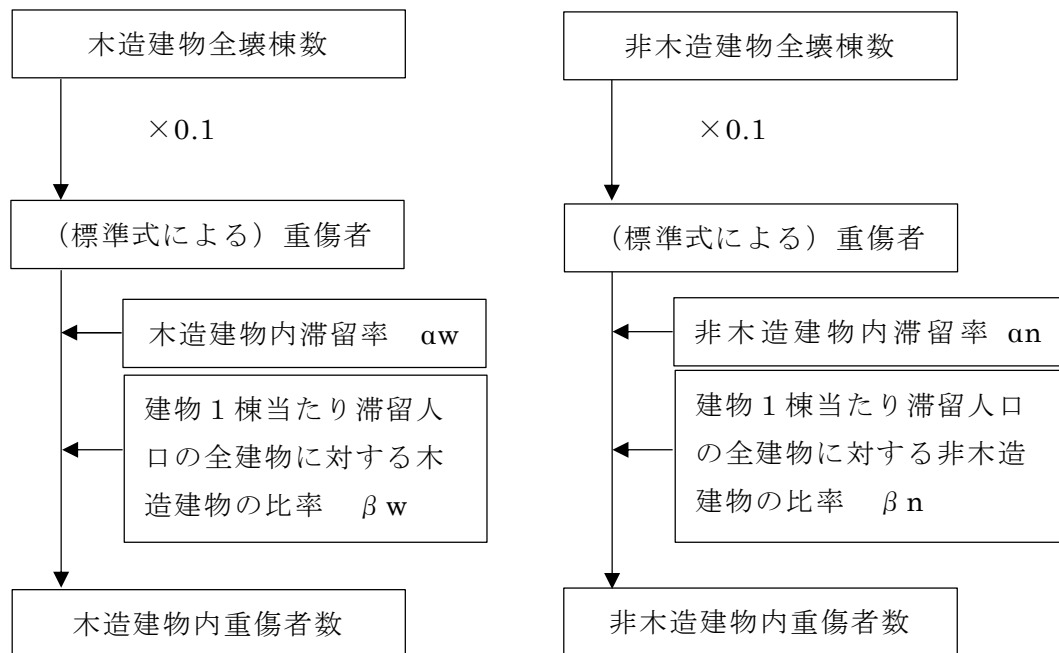
非木造建物内滞留率

＝発生時刻の非木造建物内滞留人口÷朝5時の非木造建物内滞留人口

(2) 重傷者数・負傷者数

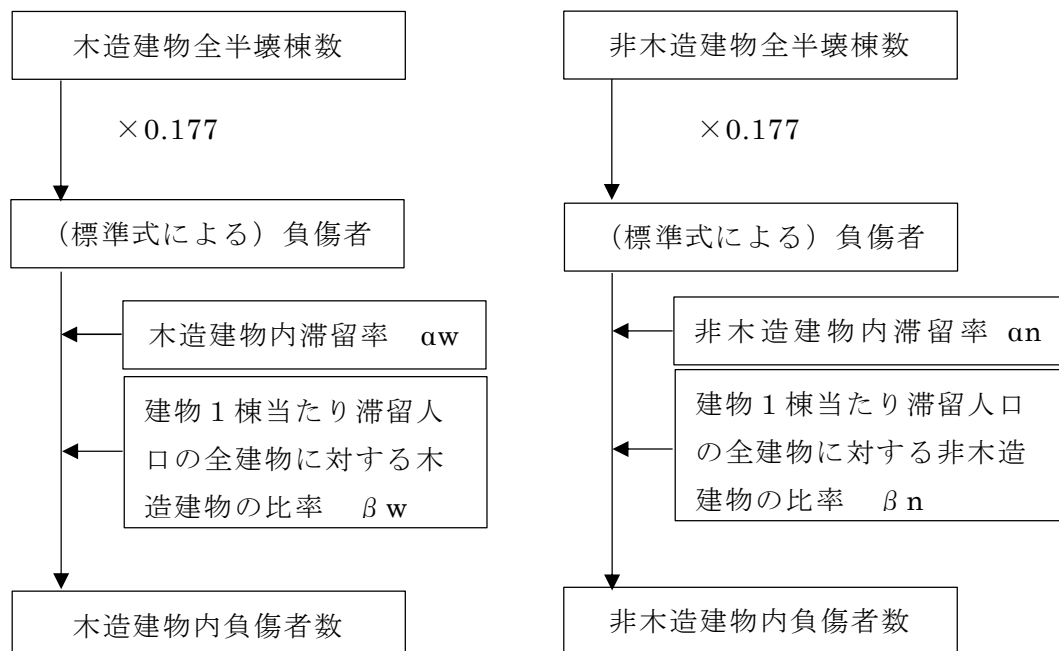
【重傷者数】

○被害想定フロー



【負傷者数】

○被害想定フロー



木造建物内重傷者数 $= \alpha_w \times \beta_w \times \text{重傷者の発生率 } 0.1 \times \text{木造建物全壊棟数}$
 非木造建物内重傷者数 $= \alpha_n \times \beta_n \times \text{重傷者の発生率 } 0.1 \times \text{非木造建物全壊棟数}$
 木造建物内負傷者数 $= \alpha_w \times \beta_w \times \text{負傷者の発生率 } 0.177 \times \text{木造建物全半壊棟数}$
 非木造建物内負傷者数 $= \alpha_n \times \beta_n \times \text{負傷者の発生率 } 0.177 \times \text{非木造建物全半壊棟数}$
 軽傷者数 $= \text{負傷者数合計} - \text{重傷者数合計}$

重症者数 $= \text{重傷者数合計} \times 0.21$

中等症者数 $= (\text{重傷者数合計} \times 0.79 + \text{軽傷者数合計} \times 2/7)$

軽症者数 $= \text{軽傷者数合計} \times 5/7$

※建物内滞留率 ($\alpha_w \cdot \alpha_n$) は、朝 5 時の滞留人口に対する発災時刻の滞留人口の比

※建物 1 棟当たり滞留人口の全建物に対する建物の比率 ($\beta_w \cdot \beta_n$) は、全建物 1 棟当たりの滞留人口に対する木造・非木造の 1 棟当たりの滞留人口の比

※重傷者・負傷者の発生率は、鳥取県西部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、能登半島沖地震、東日本大震災の内陸被災市町村における建物被害と負傷者数の関係から設定。

(参考) 空き家を考慮した場合

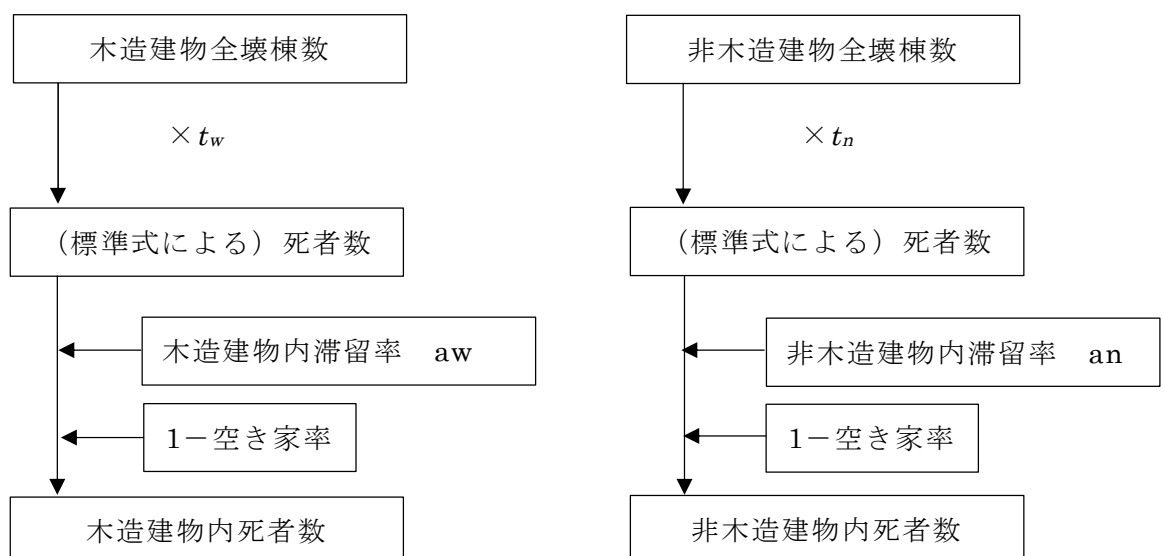
山がちな地域については空き家が多く存在しており、従来の手法では人的被害を過大に評価している可能性がある。

しかし、空き家を考慮する手法や県内全域で統一された空き家に関するデータが不足しているため、本調査では参考値として推計した。

空き家率は統計データ等から設定した。

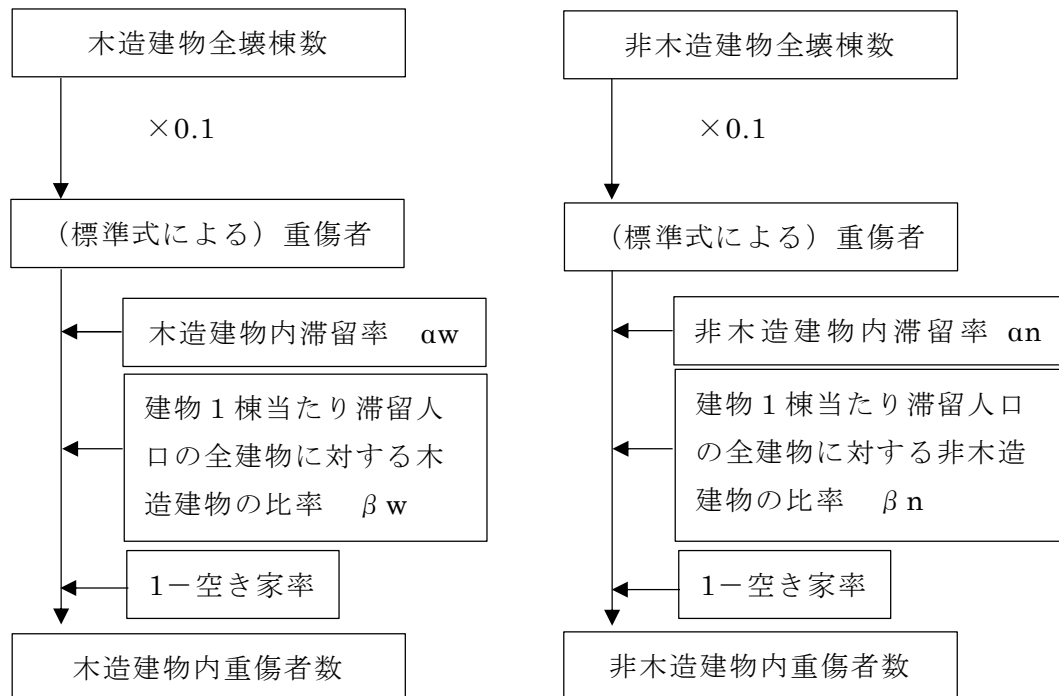
ただし、マンションにおける空室も空き家として扱われている可能性があることや、すでに推計式に組み込まれている係数に空き家が考慮されている可能性があることに留意が必要である。

【死者数】



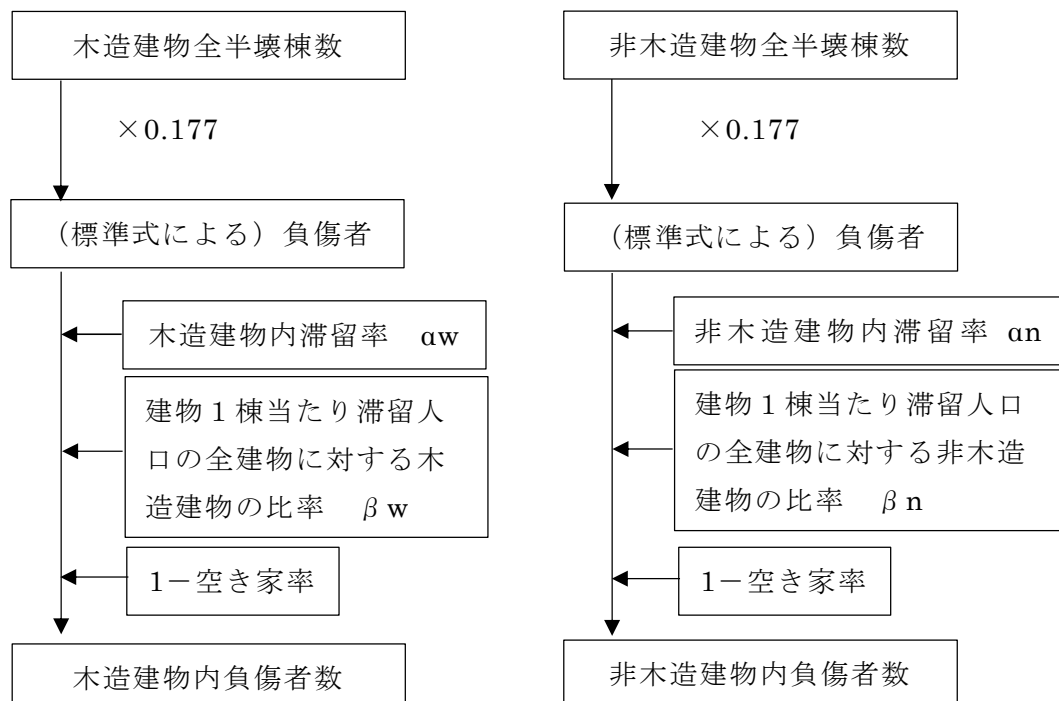
【重傷者数】

○被害想定フロー



【負傷者数】

○被害想定フロー



死者数＝（木造建物内死者数＋非木造内死者数）×（1－空き家率）
 木造建物内死者数＝木造建物内滞留率×標準式による死者数（木造建物）
 非木造建物内死者数＝非木造建物内滞留率×標準式による死者数（非木造建物）
 標準式による死者数（木造建物）＝ t_w ×木造建物全壊棟数
 標準式による死者数（非木造建物）＝ t_n ×非木造建物全壊棟数
 $t_w = 0.0676$

$$t_n = 0.00840 \times \left(\frac{P_{n0}}{B_n} \right) \div \left(\frac{P_{w0}}{B_w} \right)$$

- ※ t_w 、 t_n は、鳥取県西部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、能登半島沖地震、東日本大震災の内陸被災市町村における建物被害と負傷者数の関係から設定した死者発生率。
- ※ t_w 、 t_n には空き家における被害も含まれている可能性があるが、実態は不明である。本調査では別途空き家率による補正を行っているが、 t_w 、 t_n との重複については注意が必要である。
- ※ P_{w0} : 夜間人口（木造）、 P_{n0} : 夜間人口（非木造）、 B_w : 建物棟数（木造）、 B_n : 建物棟数（非木造）

重症者数＝重傷者数合計×0.21×（1－空き家率）
 中等症者数＝（重傷者数合計×0.79＋軽傷者数合計×2/7）×（1－空き家率）
 軽症者数＝軽傷者数合計×5/7×（1－空き家率）

4. 2 急傾斜地崩壊による死傷者

急傾斜地（土砂災害警戒区域）崩壊により家屋が倒壊し、それに伴って死傷者が発生する場合を想定し、死傷者数を算出した。1967 年から 1981 年までの崖崩れに対し、崖崩れによる被害棟数と死者数の比及び負傷者数と死者数の比を求めることにより、崖崩れによる死傷者数を設定している。

死者数＝死者率（0.098）×死傷者発生可能性棟数
×（発災時の住家屋内人口÷夜間人口）

重傷者数＝重症率（0.625）×死者数

負傷者数＝負傷率（1.250）×死者数

※重傷者数は負傷者数の 50％発生するものとしている。

※死傷者発生可能性棟数：全壊棟数×0.7

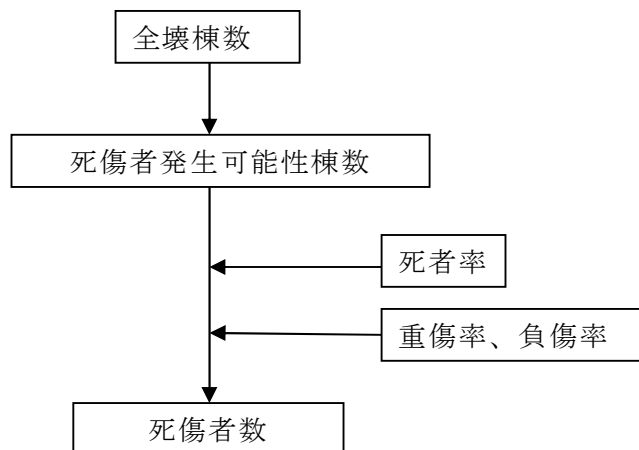
重症者数＝重傷者数×0.21

中等症者数＝重傷者数×0.79＋軽傷者数×2/7

軽症者数＝軽傷者数×5/7

軽傷者数＝負傷者数－重傷者数

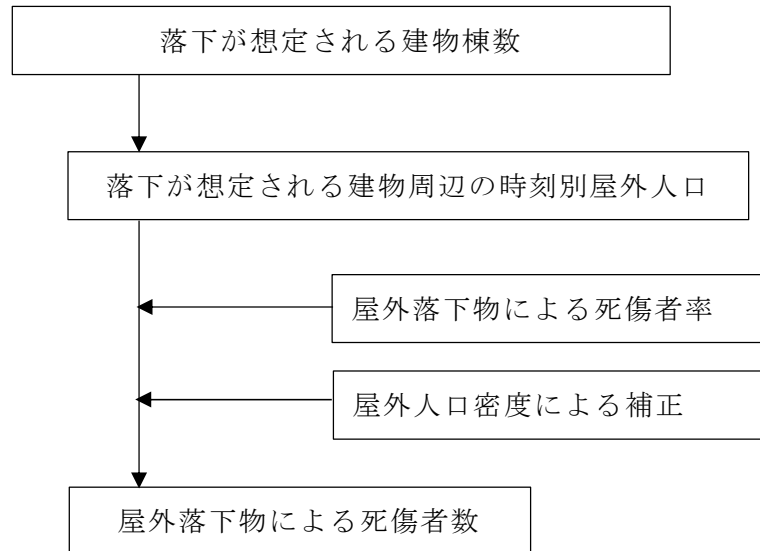
○被害想定フロー



4. 3 屋外落下物による死傷者

ガラス等の飛散物及び吊看板等の飛散物の落下による死傷者数の想定を行った。想定は、1978年宮城県沖地震の被害事例を基に設定された死傷率、静岡県（2001）を用いて算出した。落下が想定される建物棟数は、東京都（2013）の落下危険物の設置率、落下対策実施率を参考とした。

○被害想定フロー



死傷者数＝死傷者率×屋外落下物対象人口

重傷者数＝重傷者率×屋外落下物対象人口

負傷者数＝負傷者率×屋外落下物対象人口

軽傷者数＝負傷者数－重傷者数

重症者数 ＝重傷者数合計×0.21

中等症者数＝（重傷者数合計×0.79＋軽傷者数合計×2/7）

軽症者数 ＝軽傷者数合計×5/7

屋外落下物対象人口：

{(市区町村別の落下危険性のある落下物を保有する建物棟数)
／(市区町村別建物棟数)×(市区町村別時刻別移動者数)}
×((市区町村別屋外人口密度)／1689.16(人／km²))

※1689.16 人／km² は、宮城県沖地震当時の仙台市の屋外人口密度

落下危険性のある落下物を保有する建物棟数：

揺れによる全壊棟数＋{揺れによって全壊しない非木造の3階以上建物棟数
×(1－建物改修率)×落下危険物を保有する割合}

建物改修率：0.9715

表 4.1 屋外落下物による死傷者率

	死者率	負傷者率	重傷者率
震度 7	0.00504%	1.69%	0.0816%
震度 6 強	0.00388%	1.21%	0.0624%
震度 6 弱	0.00239%	0.700%	0.0383%
震度 5 強	0.000604%	0.0893%	0.00945%
震度 5 弱	0%	0%	0%
震度 4 以下	0%	0%	0%

出典) 火災予防審議会・東京消防庁「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」(平成 17 年)における屋外落下物(壁面落下)と屋外ガラス被害による死者率の合算値

※落下危険性のある落下物を保有する建物棟数は、東京都(2013)を参考に、3階建て以上の非木造建物について、建築年代別に推定する。

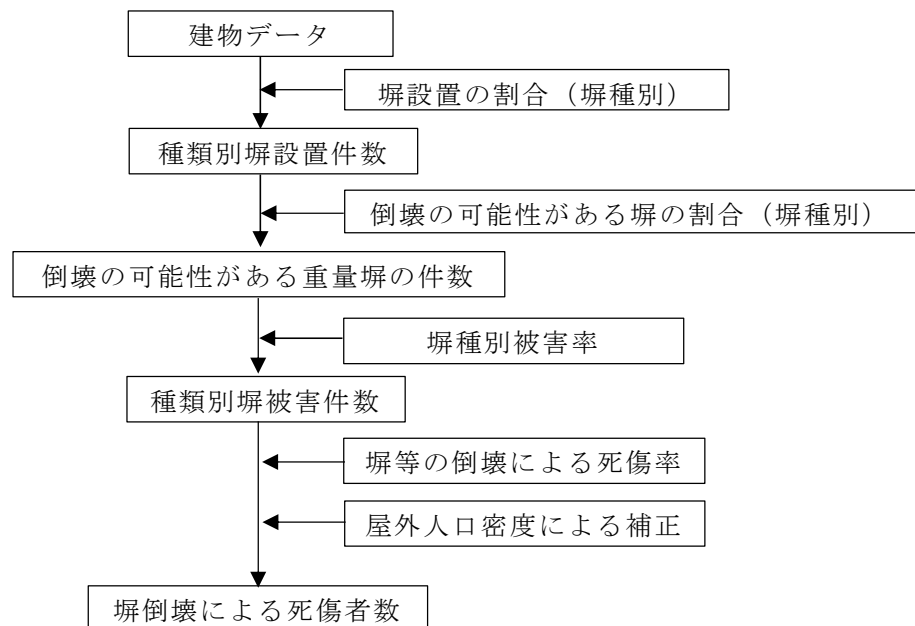
表 4.2 3階以上建物の落下危険物保有建物棟数比率

建築年代	飛散物 (窓ガラス、壁面等)	非飛散物 (吊看板等)	合計
1970 年まで	30%	17%	47%
1970 年から 1980 年	6%	8%	14%
1981 年から	0%	3%	3%

4. 4 ブロック塀等の倒壊による死傷者

ブロック塀等（ブロック塀、石塀、コンクリート塀）の転倒による死傷者数の想定を行った。塀の倒壊件数は、1978年宮城県沖地震の被害に基づく評価式により、ブロック塀等の被害件数、死傷者数を想定した。屋外人口密度は市区町村別の宅地面積当りの人口密度を用いた。

○被害想定フロー



死者数＝死者率 0.00116×種別塀被害件数×（屋外人口密度/1689.16）（人/km²）
×（各時間帯の移動者数/18時の移動者数）

負傷者数＝負傷者率 0.04×種別塀被害件数×（屋外人口密度/1689.16）（人/km²）
×（各時間帯の移動者数/18時の移動者数）

重傷者数＝重傷者率（0.04×0.39）×種別塀被害件数×（屋外人口密度/1689.16）
（人/km²）×（各時間帯の移動者数/18時の移動者数）

軽傷者数＝負傷者数合計－重傷者数合計

※1689.16人/km²は、宮城県沖地震当時の仙台市の屋外人口密度

※塀種別被害率は次のとおり。

重症者数＝重傷者数合計×0.21

中等症者数＝（重傷者数合計×0.79＋軽傷者数合計×2/7）

軽症者数＝軽傷者数合計×5/7

塀被害率＝（－12.6＋0.07×地表最大加速度）/100

石塀被害率＝（－26.6＋0.168×地表最大加速度）/100

コンクリート塀被害率※＝（－12.6＋0.07×地表最大加速度）/100

※コンクリート塀の被害率は、被害実態データが存在しないため、ブロック塀と同様とする。

※塀種別被害率及び死傷者率は1978年宮城県沖地震の被害から設定された評価式を用いている（東京都（1997））。なお、塀種別被害率及び死傷者率は中央防災会議でも同じものを使用している。

種別塀被害件数：木造住宅棟数×塀種別塀設置割合×倒壊対象となる割合×被害率
 地表最大加速度：10^(計測震度 - 0.59) / 1.89

表 4.3 変数の設定

	ブロック塀	石塀	コンクリート塀
塀設置割合	0.16	0.035	0.036
倒壊対象となる割合	0.750	0.819	0.712

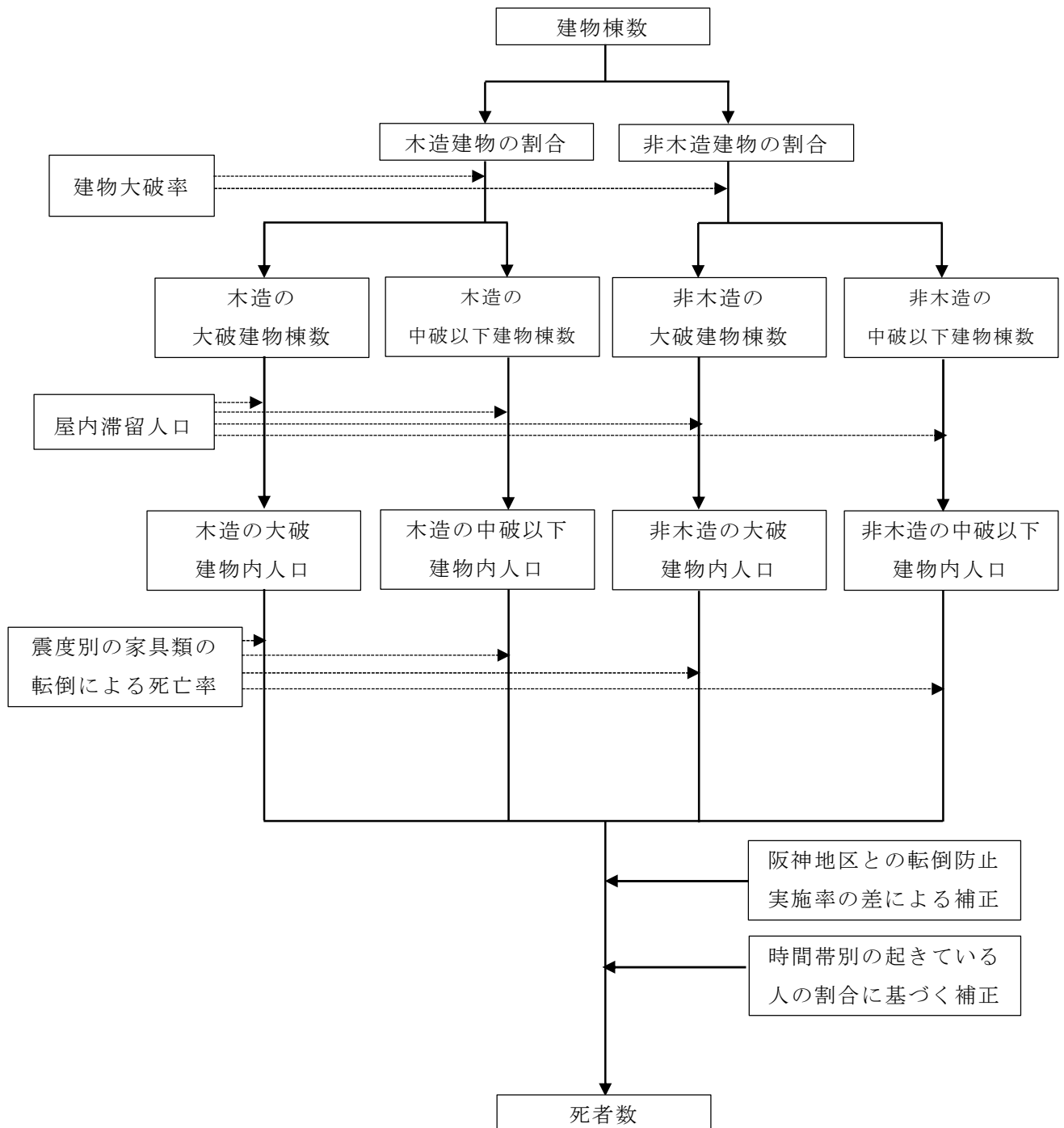
4. 5 屋内収容物の転倒・落下による死傷者

屋内収容物の転倒による死傷者数を算出した。中央防災会議(2013)の手法では、「転倒」以外に「落下」と「ガラス被害」についても想定対象としていることから、この手法を用いて想定を行った。

(1) 屋内収容物の転倒

【屋内収容物の転倒による死者数】

○被害想定フロー



死者数＝補正前の死者数

×阪神地区との転倒防止実施率の差による補正（0.78）

×発災時間に起きている人の割合に基づく補正（5 時：1.0、12 時・18 時：0.82）

※震度別死者率に対して、阪神・淡路大震災当時の阪神地区との転倒防止実施率の違いによる被害低減状況の補正と、時間帯による補正を行う。

※なお、阪神地区との転倒防止実施率の違いによる被害低減状況の補正率（0.78）は、家具等の転倒防止対策実施率が県民ニーズ調査による 35.2%である場合の値である。

補正係数

＝（（100%－現在の家具固定率 35.2%）＋0.23×現在の家具固定率 35.2%）
 ／（（100%－阪神地区の転倒防止実施率 7.8%）＋0.23×阪神地区の転倒防止実施率 7.8%）

補正前の死者数

＝ 木造の大破建物内人口×木造の大破建物内の震度別死者率

＋木造の中破以下建物内人口×木造の中破以下の大破建物内の震度別死者率

＋非木造の大破建物内人口×非木造の大破建物内の震度別死者率

＋非木造の中破以下建物内人口×非木造の中破以下の大破建物内の震度別死者率

木造の大破建物内人口＝屋内滞留人口×木造の大破建物棟数

木造の中破以下建物内人口

＝屋内滞留人口×（木造の全棟数－木造の大破建物棟数）

非木造の大破建物内人口＝屋内滞留人口×非木造の大破建物棟数

非木造の中破以下建物内人口

＝屋内滞留人口×（非木造の全棟数－非木造の大破以下建物棟数）

ただし、木造大破率＝木造全壊率×0.7、非木造大破率＝非木造全壊率とする（以下、同じ）。

表 4.4 屋内転倒物による死者率

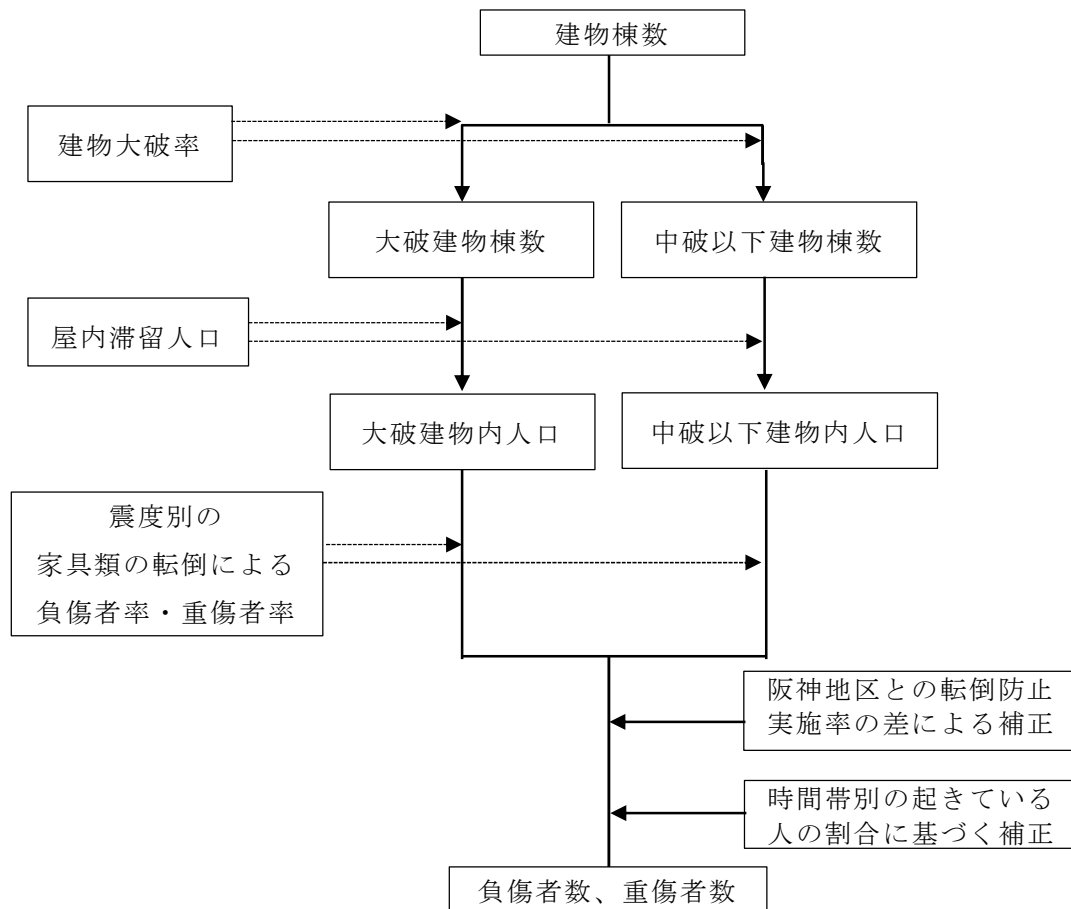
	屋内転倒物による死者率 (大破の場合)		屋内転倒物による死者率 (中破以下の場合)	
	木造建物	非木造建物	木造建物	非木造建物
震度 7	0.314%	0.192%	0.00955%	0.000579%
震度 6 強	0.255%	0.156%	0.00689%	0.000471%
震度 6 弱	0.113%	0.0688%	0.00343%	0.000208%
震度 5 強	0.0235%	0 %	0.000715%	0.0000433%
震度 5 弱	0.00264%	0 %	0.0000803%	0.00000487%

（ここでは木造大破率＝木造全壊率×0.7、非木造大破率＝非木造全壊率）

出典）火災予防審議会・東京消防庁「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」（平成 17 年）

【屋内収容物の転倒による負傷者数】

○被害想定フロー



重傷者数・負傷者数＝補正前の重傷者数・負傷者数

×阪神地区との転倒防止実施率の差による補正（0.78）

×時間帯に起きている人の割合に基づく補正

補正前の重傷者数・負傷者数

＝ 木造の大破建物内人口×木造の大破建物内の震度別重傷率・負傷率

＋木造の中破以下建物内人口×木造の中破以下の大破建物内の震度別重傷率・負傷率

＋非木造の大破建物内人口×非木造の大破建物内の震度別重傷率・負傷率

＋非木造の中破以下建物内人口×非木造の中破以下の大破建物内の震度別重傷率・負傷率

表 4.5 屋内転倒物による負傷者率

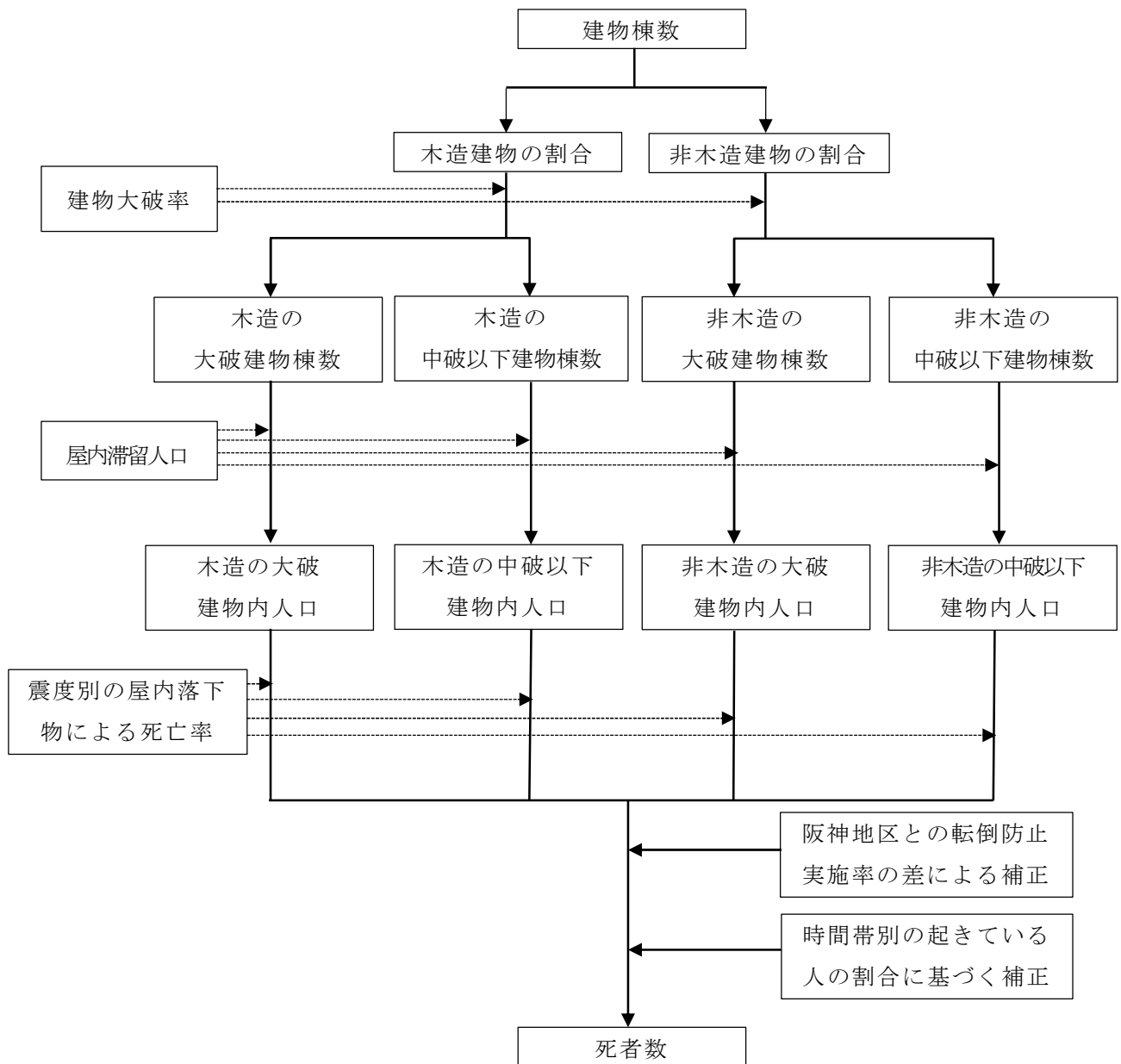
	屋内転倒物による負傷者率 (大破の場合)		屋内転倒物による負傷者率 (中破以下の場合)	
	負傷率	重傷率	負傷率	重傷率
震度 7	3.69%	0.995%	0.112%	0.0303%
震度 6 強	3.00%	0.809%	0.0809%	0.0218%
震度 6 弱	1.32%	0.357%	0.0402%	0.0109%
震度 5 強	0.276%	0%	0.00839%	0.00226%
震度 5 弱	0.0310%	0%	0.000943%	0.000255%

出典）火災予防審議会・東京消防庁「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」（平成 17 年）

(2) 屋内収容物の落下

【屋内収容物の落下による死者数】

○被害想定フロー



死者数＝ 補正前の死者数

×阪神地区との転倒防止実施率の差による補正 (0.78)

×時間帯に起きている人の割合に基づく補正

補正前の死者数

＝ 木造の大破建物内人口×木造の大破建物内の震度別死者率

＋木造の中破以下建物内人口×木造の中破以下の大破建物内の震度別死者率

＋非木造の大破建物内人口×非木造の大破建物内の震度別死者率

＋非木造の中破以下建物内人口×非木造の中破以下の大破建物内の震度別死者率

	屋内落下物による死者率 (大破の場合)		屋内落下物による死者率 (中破以下の場合)	
	木造建物	非木造建物	木造建物	非木造建物
震度 7	0.0776%	0.0476%	0.00270%	0.000164%
震度 6 強	0.0542%	0.0351%	0.00188%	0.000121%
震度 6 弱	0.0249%	0.0198%	0.000865%	0.0000682%
震度 5 強	0.0117%	0%	0.000407%	0.0000404%
震度 5 弱	0.00586%	0%	0.000204%	0.0000227%

表 4.7 屋内落下物による負傷者率

	屋内落下物による負傷者率 (大破の場合)		屋内落下物による負傷者率 (中破以下の場合)	
	負傷者率	重傷者率	負傷者率	重傷者率
震度 7	1.76%	0.194%	0.0613%	0.00675%
震度 6 強	1.23%	0.135%	0.0428%	0.00471%
震度 6 弱	0.566%	0.0623%	0.0197%	0.00216%
震度 5 強	0.266%	0%	0.00926%	0.00102%
震度 5 弱	0.133%	0%	0.00463%	0.000509%

出典) 火災予防審議会・東京消防庁「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」(平成 17 年)

(3) 屋内ガラス被害

【屋内ガラス被害による死傷者数】

死者・重傷者数・負傷者数＝補正前の死者数・重傷者数・負傷者数
 ×阪神地区との転倒防止実施率の差による補正 (0.78)
 ×時間帯に起きている人の割合に基づく補正

補正前の死者・重傷者数・負傷者数

＝ 木造の大破建物内人口×木造の大破建物内の震度別死傷率
 ＋木造の中破以下建物内人口×木造の中破以下の大破建物内の震度別死傷率
 ＋非木造の大破建物内人口×非木造の大破建物内の震度別死傷率
 ＋非木造の中破以下建物内人口×非木造の中破以下の大破建物内の震度別死傷率

表 4.8 屋内ガラス被害による死傷者率

	死者率	負傷者率	重傷者率
震度 7	0.000299%	0.0564%	0.00797%
震度 6 強	0.000259%	0.0490%	0.00691%
震度 6 弱	0.000180%	0.0340%	0.00480%
震度 5 強	0.000101%	0.0190%	0.00269%
震度 5 弱	0.0000216%	0.00408%	0.000576%

出典) 火災予防審議会・東京消防庁「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」(平成 17 年)

軽傷者数 ＝負傷者数－重傷者数

重症者数 ＝重傷者数合計×0.21

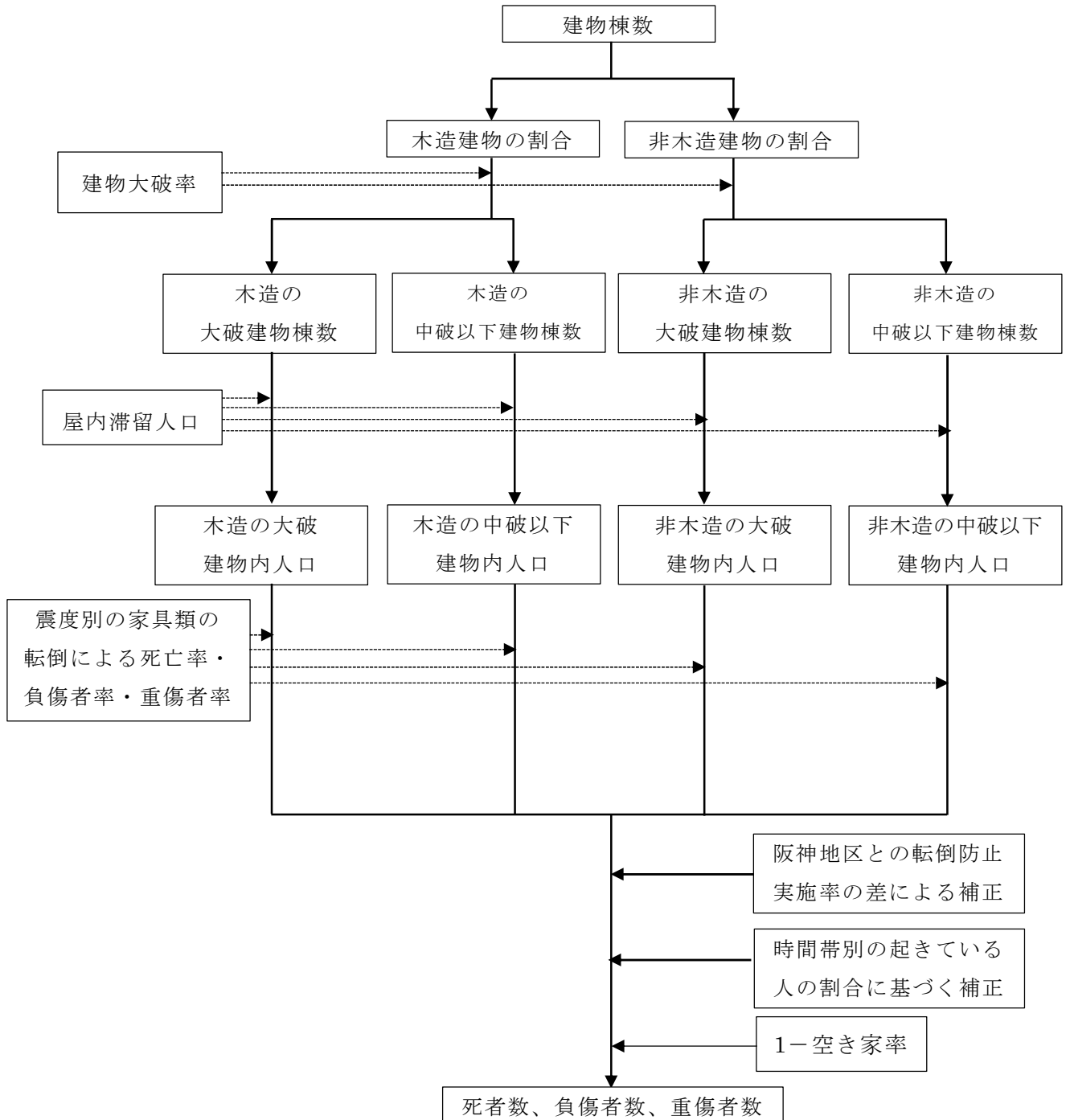
中等症者数＝(重傷者数合計×0.79＋軽傷者数合計×2/7)

軽症者数 ＝軽傷者数合計×5/7

(参考) 空き家を考慮した場合

死傷者数と同様に、屋内収容物の転倒・落下による死傷者数も空き家率を考慮した人的被害を参考値として推計した。

【屋内収容物の転倒による死傷者数】



死者数＝補正前の死者数

×阪神地区との転倒防止実施率の差による補正（0.78）

×発災時間に起きている人の割合に基づく補正

×（1－空き家率）

重傷者数・負傷者数＝補正前の重傷者数・負傷者数

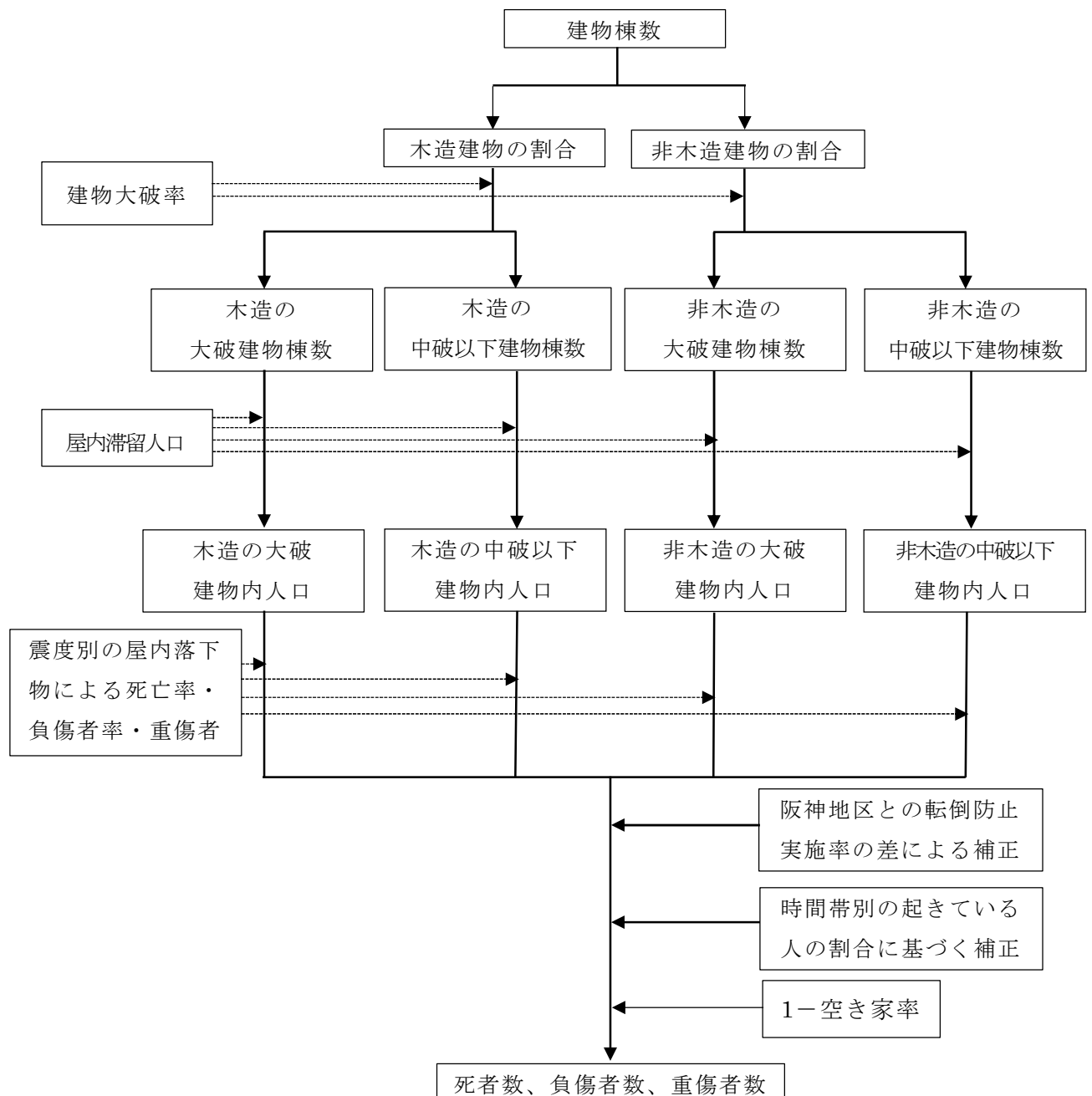
×阪神地区との転倒防止実施率の差による補正（0.78）

×時間帯に起きている人の割合に基づく補正

×（1－空き家率）

【屋内収容物の落下による死者数】

○被害想定フロー



$$\begin{aligned}
 \text{死者数} &= \text{補正前の死者数} \\
 &\quad \times \text{阪神地区との転倒防止実施率の差による補正 (0.78)} \\
 &\quad \times \text{時間帯に起きている人の割合に基づく補正} \\
 &\quad \times (1 - \text{空き家率}) \\
 \text{重傷者数・負傷者数} &= \text{補正前の重傷者数・負傷者数} \\
 &\quad \times \text{阪神地区との転倒防止実施率の差による補正 (0.78)} \\
 &\quad \times \text{時間帯に起きている人の割合に基づく補正} \\
 &\quad \times (1 - \text{空き家率})
 \end{aligned}$$

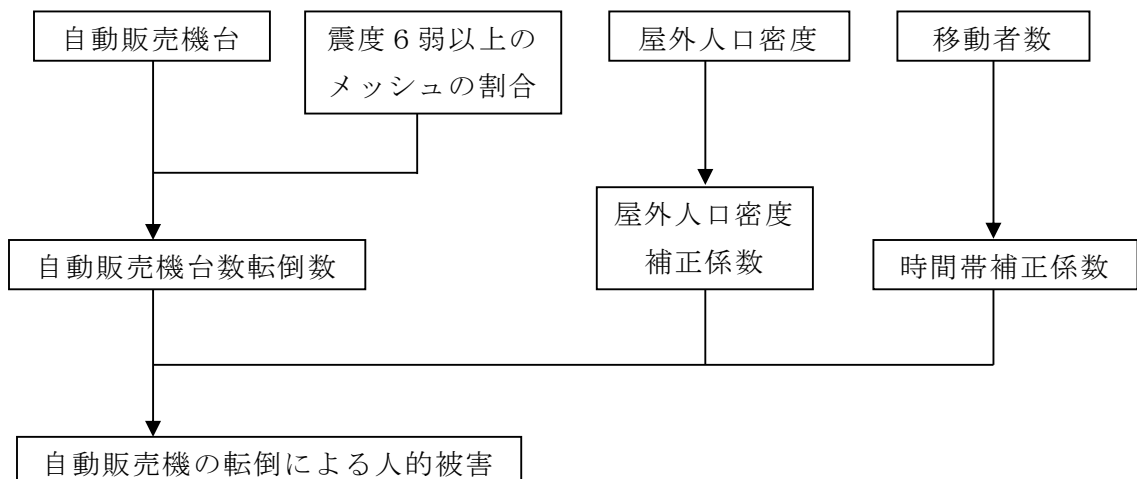
【屋内ガラス被害による死傷者数】

$$\begin{aligned}
 \text{死者・重傷者数・負傷者数} &= \text{補正前の死者数・重傷者数・負傷者数} \\
 &\quad \times \text{阪神地区との転倒防止実施率の差による補正 (0.78)} \\
 &\quad \times \text{時間帯に起きている人の割合に基づく補正} \\
 &\quad \times (1 - \text{空き家率})
 \end{aligned}$$

4. 6 自動販売機の転倒による死傷者

自動販売機の転倒による死傷者を算出した。

○被害想定フロー



$$\text{重症者数} = \text{重傷者数} \times 0.21$$

$$\text{中等症者数} = \text{重傷者数} \times 0.79 + \text{軽傷者数} \times 2/7$$

$$\text{軽症者数} = \text{軽傷者数} \times 5/7$$

$$\text{軽傷者数} = \text{負傷者数} - \text{重傷者数}$$

$$\text{死者数・重傷者数・負傷者数}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{自動販売機転倒数} \times \text{自動販売機による死者率・重傷者率・負傷者率} \\
 &\quad \times \text{屋外人口密度補正係数} \times \text{時間帯補正係数}
 \end{aligned}$$

$$\text{屋外人口密度補正係数} = \text{屋外人口密度} / 1689.16^*$$

$$\text{時間帯補正係数} = \text{移動者数} / 18 \text{ 時の移動者数}$$

※「1689.16」は、宮城県沖地震当時の仙台市の屋外人口密度（単位：人／k m²）。

自動販売機転倒数

＝自動販売機台数×震度 6 弱以上のメッシュの割合

×被害率（震度 6 弱以上の地域）0.209

×自動販売機の転倒防止措置未対応率 0.1×自動販売機の屋外設置比率 0.6

死者率・重傷者率・負傷者率

＝ブロック塀の倒壊による死者率・重傷者率・負傷者率／12.2※

※ブロック塀と自動販売機の幅の平均長の比（1：12.2）により補正。

表 4.9 ブロック塀の倒壊による各被害率

死者率	重傷者率	負傷者率
0.00116	0.0156	0.04

4. 7 火災による死傷者

火災による死傷者の発生要因として、以下の 3 種類を想定する。

- ①炎上出火家屋からの逃げ遅れ
- ②倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者
- ③延焼拡大時の逃げ惑い

(1) 炎上出火家屋からの逃げ遅れ（死者数のみ）

炎上出火家屋からの逃げ遅れ死者数

＝0.023×炎上出火件数×（屋内滞留人口比率）

屋内滞留人口比率＝発生時刻の屋内滞留人口÷朝 5 時の屋内滞留人口

※係数の 0.062 は神奈川県消防統計の平成 30 年～令和 4 年の「平常時住宅火災による死者数/平常時住宅出火件数」の平均値として算出したものである。

(2) 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者

閉じ込めによる死者数

＝全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人×（1-生存救出率 0.387）

全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人

＝（1-早期救出可能な割合 0.72）×全壊かつ焼失家屋内の要救助者数

全壊かつ焼失家屋内の要救助者数

＝自力脱出困難者発生率（0.117）×全壊棟数×焼失棟数／全建物数

×屋内滞留人口／全建物数

※早期救出可能な割合は、阪神・淡路大震災における救出者のうち、家族・親戚・近所の人による救出割合（0.72）を用いる。

※生存救出率は、阪神・淡路大震災における消防団による生存救出人員の割合を用いる。

※自力脱出困難者発生率は、阪神・淡路大震災時の実態に基づく下敷き・生き埋め者率と全壊率の関係から求めた 0.117 を使用する。

(3) 延焼拡大時の逃げまどい

火災の「逃げ惑い」による死傷者数については、最新の知見である「中央防災会議（2013）の手法」で死傷者数を算出した。

想定結果は、幅を持った形で示されている。これは、平均的な死傷者数がこの幅の間で発

生することを示している。これは、死傷者数の上限と下限を示しているものではない。

推定式は、「諸井・武村（2004）」による関東大震災と函館大火におけるデータに基づく世帯焼失率と火災による死者率との関係を用いて死者数を想定している。

世帯焼失率と火災による死者率との関係においては、関東大震災で火災による死者が多かった本所被服廠の死者数を考慮した場合を「最大ケース」、本所被服廠を除いたものを「通常ケース」として幅を持たせた想定とした。

【算出式】

逃げ惑いによる死者数（通常）＝延焼地域の人口×逃げ惑いによる死者率（通常）

逃げ惑いによる死者率（通常）＝ $0.0197 \times$ 延焼地域の世帯焼失率

逃げ惑いによる死者数（最大）＝延焼地域の人口×逃げ惑いによる死者率（最大）

逃げ惑いによる死者率（最大）＝ $0.0365 \times$ 延焼地域の世帯焼失率

逃げ惑いによる重傷者数＝ $0.0053 \times$ 焼失人口

逃げ惑いによる軽傷者数＝ $0.0136 \times$ 焼失人口

焼失人口＝市区町村別焼失率×発生時刻の市区町村別滞留人口

重症者数　＝重傷者数合計×0.21

中等症者数＝（重傷者数合計×0.79＋軽傷者数合計×2/7）

軽症者数　＝軽傷者数合計×5/7

（参考）　空き家を考慮した場合

死傷者数と同様に、火災による死傷者数も空き家率を考慮した人的被害を参考値として推計した。

炎上出火家屋からの逃げ遅れ死者数

＝ $0.062 \times$ 炎上出火件数×（屋内滞留人口比率）×（1－空き家率）

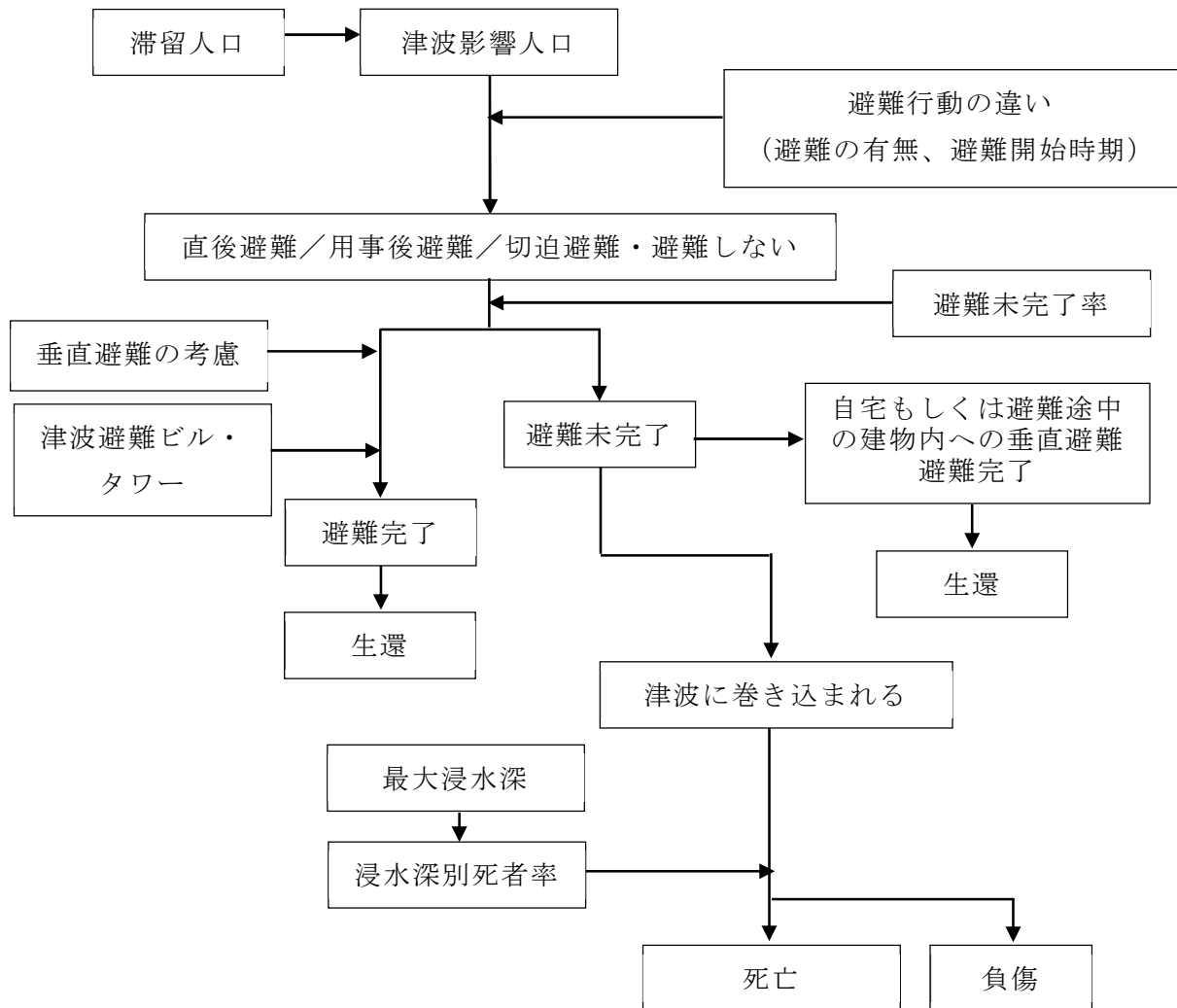
閉じ込めによる死者数

＝全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人×（1－生存救出率 0.387）
×（1－空き家率）

4. 8 津波による死傷者

東日本大震災の知見を取り入れた中央防災会議の手法（2013）を用いる。また、県民アンケート調査結果より設定した避難率等や避難行動、夏の海水浴客についても反映した。

(1) 被害想定フロー



(2) データの取り扱い

4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）単位の建物データを、津波浸水深データと同じ10mメッシュ単位に面積比で均等分割したデータを利用する。

(3) 死傷者数の想定手法

死傷者数の想定手法（手順）を以下のように設定した。

① 津波避難意向率^{*1}から発災後の避難行動別の人数を推計

→直後避難、用事後避難、切迫避難に分類。

→津波避難意向は、「アンケート調査による設定（夜間）」と「早期避難者比率が高く、さらに津波情報の伝達や避難の呼びかけが効果的に行われた場合」、「「津波

による死者数を減らす」ための重点施策の実施により、津波避難意識が向上した場合」の3つの場合を検討。

※1 ケース毎の津波避難意向率は表4.10のとおり。

②浸水メッシュ毎に津波来襲時間と直後避難、用事後避難の開始時間を比較し、避難開始前に津波が来襲した場合は、「避難遅れ」とする。

→避難開始時間は直後避難で5分、用事後避難で15分（中央防災会議の設定）。

→切迫避難は、全て「避難遅れ」とする。

③直後避難、用事後避難について、すでに避難を開始している場合は、メッシュごとに避難先メッシュを設定する。避難時間（避難開始時間＋移動時間）と津波来襲時間を比較し、避難が完了したかどうかを判定する。避難が完了していない場合は、「避難遅れ」とする。

→避難先メッシュは避難元メッシュから最短距離にあり、かつ避難元メッシュよりも津波浸水深1cm到達時間が長い、津波浸水深30cm未満のメッシュと設定した。

→移動距離は、津波浸水地域の範囲で判断する（メッシュごとに設定）

→移動速度は2,650m／1時間（中央防災会議の設定、夜間（冬5時のケース）は0.8倍の速度とする）

④「避難遅れ」になった場合は、以下のケースについて検討する。

- ・避難開始前の直後避難・用事後避難（居住地で避難遅れ）と切迫避難については、垂直避難をする場合としない場合を検討する。

→非木造については、全壊被害以外は無条件に垂直避難をするものとした。

→木造については、全壊被害以外で浸水深が4m以下（1階部分が浸水）について垂直避難が可能とした。

- ・避難途中の直後避難・用事後避難（外で避難遅れ）については、周辺に避難施設があるかどうかで検討する。

→浸水域内に津波避難ビルや津波避難タワーが整備されているところでは、浸水域内にいる人は津波避難ビル等に逃げ込むことで助かることができる。
津波避難ビルによる人的被害軽減効果を考慮する。

→まず、浸水域内の津波避難ビル等における収容可能人数を設定する。

避難可能人数＝津波避難ビル等の避難場所の収容可能人数 …(A)

※収容可能人数不明の場合は0人とする。なお、浸水域における収容可能人数不明の津波避難ビル等は1か所のみであった。

→ただし、津波到達時間が短い場合には、避難ビル等に逃げ込めない可能性があり、その場合の避難可能人数は次のように求めるものとする。

避難可能人数＝ $\{\pi \times (\text{避難距離 m})^2\} \times \text{周辺人口密度 (人/m}^2) \times \alpha$ …(B)

ここで、

避難距離(m)＝ $\{\text{移動速度} \times \text{避難時間 (分)}\} \div 1.5$

周辺人口密度(人/m²)＝津波浸水区域人口(人)÷津波浸水面積(m²)

α : 避難阻害率 0.5

※階段によってタワーや高層階等まで上がるには時間がかかり、避難時の混乱・混雑時には通常のようにスムーズにいかないことが予想される。現状、その設定は困難であるため、内閣府（2012）同様に係数 α を設け、いうなれば避難阻害率（ α ）0.5とした。

→求めた(A)と(B)を比較して少ない方を最終的な津波避難ビル等への避難可能人数とする。津波避難ビル等考慮前の津波による人的被害数に対して、津波避難ビル等への避難可能人数分だけ人的被害が軽減されるものとする。

⑤避難完了と垂直避難以外は「津波巻き込まれ」として、死亡の対象となる。

→負傷者は浸水域に居住する人

- ・避難を開始するよりも早く、避難先隣接メッシュに0.3m以上の津波が到達する場合は居住地で避難遅れとする。

⑥浸水深別死者率は、中央防災会議（2013）に基づき、内閣府が設定した浸水深別の死者率関数を用いる。

表 4.10 津波避難意向率

設定の考え方	避難行動別の比率		
	避難する		切迫避難あるいは避難しない
	すぐに避難する (直後避難)	避難するがすぐには避難しない (用事後避難)	
	地震後5分で避難	地震後15分で避難	避難しないか津波が迫ってから避難
県民アンケート調査による避難意向を反映した場合	30.2%	45.6%	24.2%
参考：避難呼びかけ等による早期避難が進んだ場合	70%	30%	0%
参考：全員が発災直後に避難した場合	100%	0%	0%

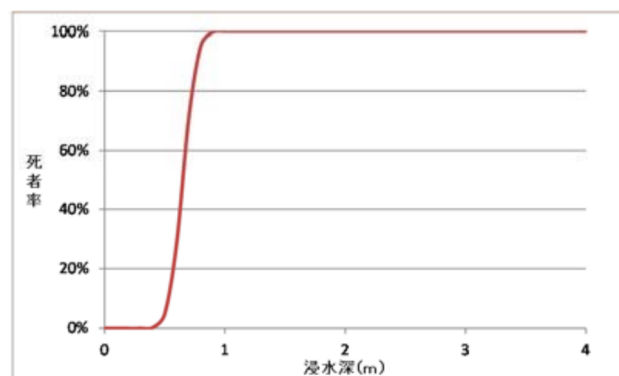


図 4.1 津波に巻き込まれた場合の死者率

※浸水域内における揺れによる建物倒壊に伴う死者については、建物倒壊による死者としてカウントするものとする。

※浸水域内における揺れによる建物倒壊に伴う自力脱出困難者（うち生存者）については、津波による死者としてカウントするものとする。

(4) 負傷者数の想定手法

重傷者数、軽傷者数は、東日本大震災における津波による負傷者の発生状況より設定した。内閣府のアンケート調査によると、少しでも津波に巻き込まれた人は全体で1,704人、そのうち負傷した人は142人である。このことから、負傷者の発生数を以下のとおり設定した。

負傷者数（重傷者数＋軽傷者数）＝少しでも津波巻き込まれた人数×0.083

※「少しでも津波巻き込まれた人数」とは、津波浸水地域（浸水深が1cm以上）で避難しない人の人数。

※重傷者と軽傷者の発生比率は、重傷者数：軽傷者数＝34：66とする。

【負傷者数の区分の変更と被害量の変換】

実際の医療対応の状況を考慮し、以下のように負傷者数を見直した。前述までの重傷者とは「入院を要する負傷者数」、軽傷者とは「入院を要しない負傷者数」をいう。

	対応の区分	従来の被害想定における区分との比較
重症者※ ¹	○緊急処置、手術をしないと生命の危険がある患者 ○ICUでの管理が必要 ○災害拠点病院で対応	・「入院を要する負傷者数」（重傷者数）の21%※ ²
中等症者※ ¹	○最終的には病院での治療が必要だが、重症に比べて緊急性が低いもの（四肢骨折等） ○災害拠点病院、災害協力病院、一般病院で対応	・「入院を要する負傷者数」（重傷者数）の79% ・「入院を要しない負傷者数」（軽傷者数）の2/7※ ⁴
軽症者※ ¹	○臨時救護所等において、応急救護手当で対処すべきもの（打撲、切り傷等）	・「入院を要しない負傷者数」（軽傷者数）の5/7※ ⁴

※¹：ここで示す「重症者」、「中等症者」、「軽症者」は、医療対応における症状の区分を示す

※²：重傷者のうち、「緊急処置、手術をしないと生命の危険がある患者」の発生率は、「入院を要する負傷者数」（重傷者数）の21%と考えられる。

→阪神・淡路大震災で兵庫県が行った医療機関調査では、発災当日に対応した負傷者数のうち重傷者数が1,594人、重篤者数が425人となっている。ここでいう重傷者は被害想定「入院を要する負傷者数」の定義とし、重篤者は「緊急処置、手術をしないと生命の危険がある患者」とすると、「入院を要する負傷者数」（重傷者数）に対する「緊急処置、手術をしないと生命の危険がある患者」の発生率は、 $425 \div (425 + 1,594) = 21\%$ となる。

重症者数＝0.21×「入院を要する負傷者数」（重傷者数）

※³：阪神・淡路大震災で兵庫県が行った医療機関調査では、上記の負傷者のうち手術室で手術を行った数は36人である。重症者（重篤者）に対する手術件数は、 $36 \div 425 = 8.5\%$ となる。

※⁴：「入院を要する負傷者数＋入院を要しない負傷者数」のうち、中等症者と軽症者の発生比率は、中等症者：軽症者＝3,947：10,046≒2：5となっていることから、以下のように設定する。

中等症者数＝0.79×「入院を要する負傷者数」（重傷者数）

＋2/7×「入院を要しない負傷者数」（軽傷者数）

軽症者数＝5/7×「入院を要しない負傷者数」（軽傷者数）

4. 9 避難者

建物やライフライン、津波浸水の被害による避難者数を想定した。避難者数は、避難所へ避難する人（避難所避難者）及び避難所以外のところへ避難する人（避難所外避難者）に分けて算出した。

(1) 避難意向率等の設定

建物被害、ライフライン支障を受けた人の「避難意向率」について、以下のように設定した。

表 4.11 避難意向率

避難の要因	直後～3日後	4日後～1週間後	1ヶ月後
自宅が半壊※ ¹	50.3%	50.3%	50.3%
自宅が全壊、全焼※ ¹	100%	100%	100%
ライフライン支障（断水）※ ²	36%	36%	36%

※1：全壊・半壊による避難率は、阪神・淡路大震災における避難実態調査から設定（ライフライン支障（断水）による避難も含む）。

※2：無被害のうち避難するのは、ライフライン支障（断水）があった場合とする。避難意向率は、直後から1週間については、阪神・淡路大震災における避難実態調査から設定した。なお、中央防災会議の手法では、1ヶ月後の避難意向率を断水による生活困窮度と同じとして90%としているが、発災1ヶ月後ではさまざまな対応策が実施されており、生活困窮度をそのまま避難意向率とすることには無理があると考えられる。

東日本大震災における被災3県の避難所避難者数の推移を見ると、発災後1週間は避難者数の大きな変化がないことと、避難者のほとんどが津波被災であることから、発災から1週間は、津波浸水地域の住民は、すべて避難するものとした。

※避難者の推移から、浸水地域のうち、全壊・半壊の被害を受けていない住民については、1週間から徐々に減っており、発災後3週間から1ヶ月で、全壊・半壊の被害を受けて避難している人のみとなる。

避難所以外に避難する率については、阪神・淡路大震災及び東日本大震災における疎開の実態から下記のように設定した。

表 4.12 避難所以外への避難率

避難の要因		直後～3日後	4日後～1週間後	1ヶ月後
避難率	津波危険区域以外	40%	50%	70%
	津波危険区域	33.3%	10%	70%

また、避難所以外に避難する人の避難先については、県民アンケート調査結果より設定する。

表 4.13 避難先別の避難率

避難先		車中泊	在宅	親戚・知人宅	宿泊施設	その他勤務先等
避難率	津波危険区域以外	33.3%	30.6%	18.7%	7.0%	10.4%
	津波危険区域	15.9%	0.0%	34.4%	14.9%	34.9%

表 4.14 (参考) 県民アンケート結果 (津波危険区域以外)

項目	n	%
市区町村が指定している避難所・避難場所 (近くの小中学校等)	1891	65.5
近くの公園や広場、空地、路上等で野営または そこに止めた車の中	180	6.2
自宅の敷地内またはその付近 (野営またはそこに止めた車の中)	152	5.3
自宅近くの親戚・知人宅等	137	4.7
自宅近くのホテル・旅館等の宿泊施設	49	1.7
近くの民間施設・ビル等	37	1.3
勤務先の施設	45	1.6
被災地域外の親戚・知人宅等	49	1.7
被災地域外のホテル・旅館等の宿泊施設	21	0.7
その他に避難する 避難先を具体的に記入：	22	0.8
家の中を片付けて、何とか自宅で過ごせるようにする	305	10.6
計	2888	100

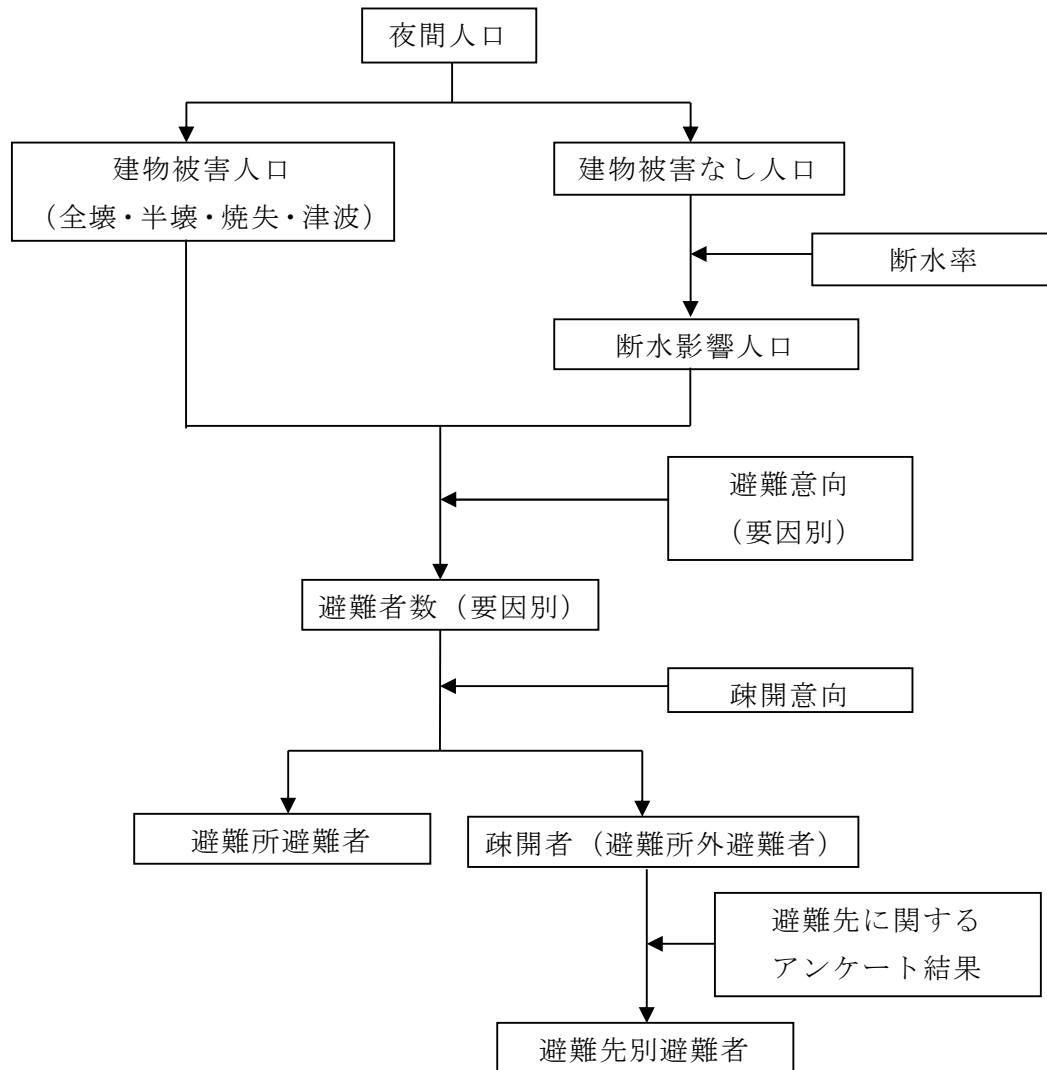
表 4.15 (参考) 県民アンケート結果 (津波危険地区)

項目	n	%
市区町が指定している避難所・避難場所 (近くの小中学校等)	338	63.4
近くの公園や広場、空地、路上等で野営 またはそこに止めた車の中	31	5.8
近くの親戚・知人宅等	51	9.6
自宅近くのホテル・旅館等の宿泊施設	13	2.4
近くの民間施設・ビル等	17	3.2
勤務先の施設	39	7.3
被災地域外の親戚・知人宅等	16	3
被災地域外のホテル・旅館等の宿泊施設	16	3
その他に避難する 避難先を具体的に記入：	12	2.3
計	533	100

(2) 避難者数の想定手法

以下に、想定手順のフローを示す。避難者数は、「発災（１日目）から３日目」、「４日目から１週間後」、「１ヶ月後」の３段階に分けて算出する。

○被害想定フロー



ア 発災から３日目の避難者数

[津波被災地以外]

避難者数＝全壊による避難者数＋半壊による避難者数＋焼失による避難者数
＋断水による避難者数

全壊による避難者数＝全壊棟数×１棟当たりの居住人数×住家の割合

半壊による避難者数＝避難意向率（０.５０３）×半壊棟数×１棟当たりの居住人数×住家の割合

焼失による避難者数＝焼失棟数×１棟当たりの居住人数×住家の割合（木造）

断水による避難者数＝０.３６×断水人口

※１棟当たりの居住人数は、木造と非木造の違いを考慮（以下同様）

※断水人口は、全壊による避難者数、半壊による避難者数、焼失による避難者数との重複を考慮して、補正する。

避難所避難者数＝避難者数×0.6

疎開者（避難所外避難者数）＝避難者数×0.4

[津波被災地]

避難者数＝津波による被害棟数（木造）×1棟当たりの居住人数（木造）
＋津波による被害棟数（非木造）×1棟当たりの居住人数（非木造）
×住家の割合（非木造）

避難所避難者数＝避難者数×2/3

疎開者（避難所外避難者数）＝避難者数×1/3

イ 4日目から1週間後の避難者数

[津波被災地以外]

避難者数＝全壊による避難者数＋半壊による避難者数＋焼失による避難者数
＋断水による避難者数

避難所避難者数＝避難者数×0.5

疎開者（避難所外避難者数）＝避難者数×0.5

[津波被災地]

避難者数＝津波による被害棟数（木造）×1棟当たりの居住人数（木造）
＋津波による被害棟数（非木造）×1棟当たりの居住人数（非木造）
×住家の割合（非木造）

避難所避難者数＝避難者数×0.9

疎開者（避難所外避難者数）＝避難者数×0.1

ウ 1ヶ月後の避難者数

[津波被災地以外]

避難者数＝全壊による避難者数＋半壊による避難者数＋焼失による避難者数
＋断水による避難者数

避難所避難者数＝避難者数×0.3

疎開者（避難所外避難者数）＝避難者数×0.7

[津波被災地]

避難者数＝津波による全壊・半壊棟数（木造）×1棟当たりの居住人数（木造）
＋津波による全壊・半壊棟数（非木造）
×1棟当たりの居住人数（非木造）×住家の割合（非木造）

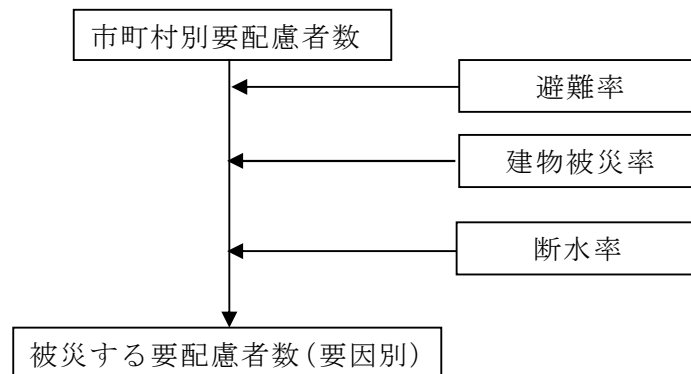
避難所避難者数＝避難者数×0.3

疎開者（避難所外避難者数）＝避難者数×0.7

4. 10 要配慮者

市町村単位で被災する要配慮者の被災人数を算出した。要配慮者の対象は、避難時に支援が必要な人とし、「65 歳以上の高齢者」、「乳幼児」、「身体障がい者」、「知的障がい者」、「精神障がい者」、「要介護認定者」、「難病患者」、「妊産婦」、「外国人」とする。この対象者に対して、「避難している人口」、「建物被害を受けている世帯・人口」、「ライフライン支障（上水道の支障）を受けている人口」を算出する。

○被害想定フロー



4. 1 1 帰宅困難者

神奈川県内、神奈川県外に分けて、帰宅困難者数を算出する。

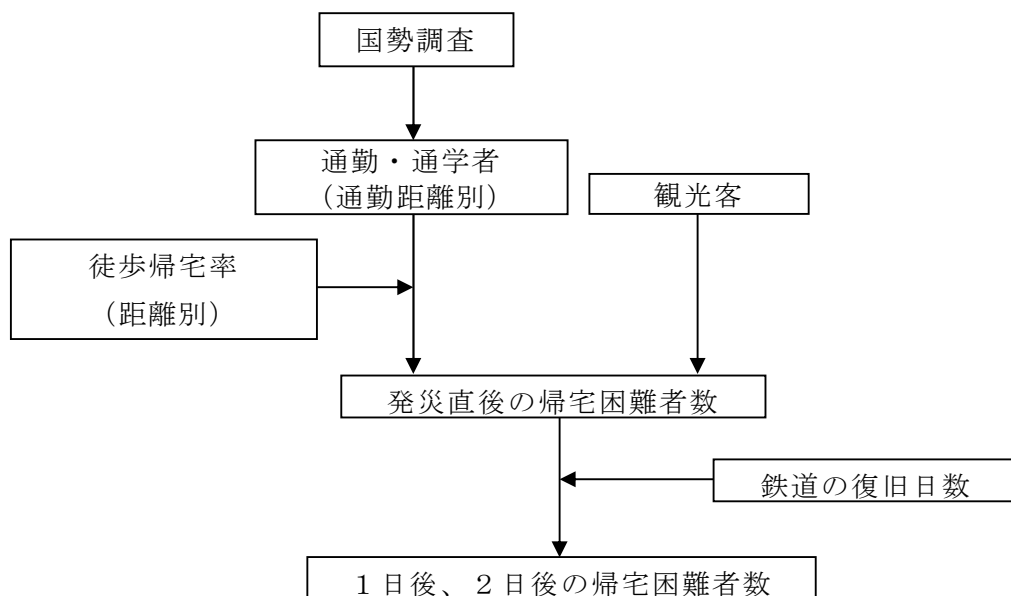
なお、対象は、国勢調査における勤務先・通学先データから外出している人を対象とする。帰宅困難者数の想定手法は、外出先までの距離を算出し、距離別に外出者数を取りまとめ、距離別の外出者数から、距離別の帰宅困難者数を算出し、総計する。また、令和4年神奈川県入込観光客調査報告書より算出した観光客についても帰宅困難者数に含める。

(1) 対象

通勤・通学者で外出している人、観光客を対象とする。

(2) 帰宅困難者数の想定手法

○被害想定フロー



1) 通勤・通学者

居住地から外出先までの距離を算出し、距離別に外出者数を取りまとめる。次いで、距離別の外出者数から、距離別の帰宅困難者数を算出し、総計する。

$$\begin{aligned}\text{帰宅困難者数（距離別）} &= \text{外出者数（距離別）} \times \text{帰宅困難率（距離別）} \\ \text{帰宅困難率\%} &= (0.0218 \times \text{外出距離 km}) \times 100\end{aligned}$$

代表交通手段が徒歩・自転車の場合、災害時においても徒歩・自転車で帰宅すると考え、全員が「帰宅可能」とみなす。代表交通手段が鉄道、バス、自動車、二輪車の場合、公共交通機関の停止、道路等の損壊・交通規制の実施等のため、これら交通手段による帰宅は当面の間は困難であり、比較的近距离の場合は徒歩で帰宅し、遠距離の場合は帰

宅が難しい状況となると考えられる。この点は、東日本大震災発災当日の状況も踏まえるものとする。

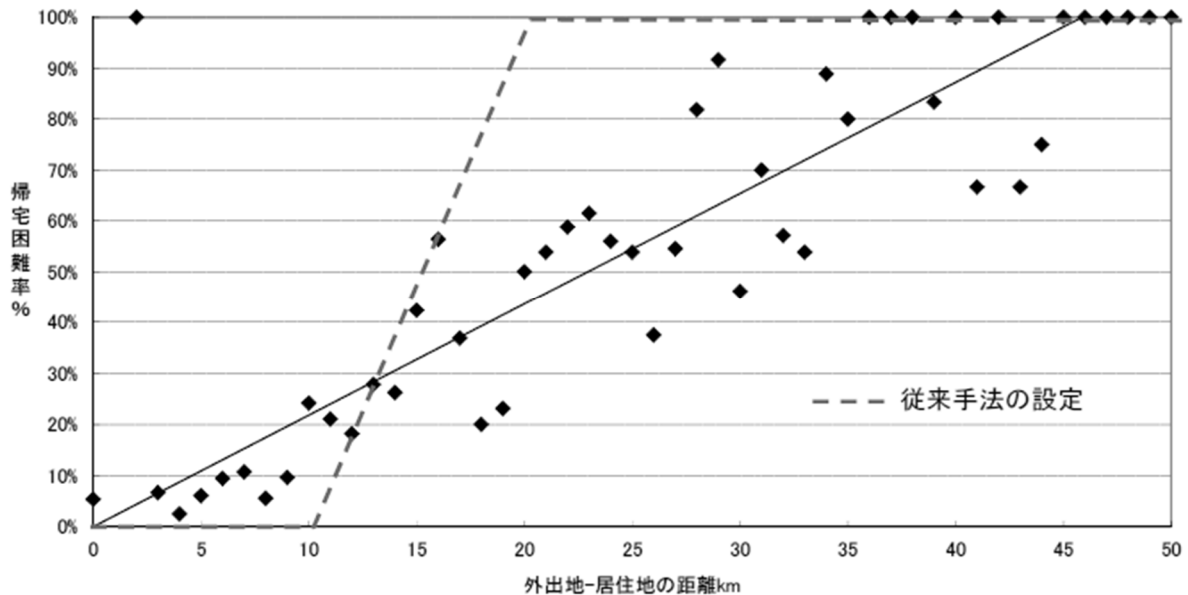


図 4.2 東日本大震災発災当日における外出距離別の帰宅困難率
(代表交通手段が鉄道の場合を抽出して分析)

2) 観光客

令和 4 年神奈川県入込観光客調査報告書（神奈川県観光振興対策協議会）、訪日外国人動態分析（2023 年）より、日本人・外国人別の宿泊客数と日帰り客数を取りまとめる。観光客は公共交通機関等を利用して移動しているものとし、公共交通機関等が停止した場合は帰宅困難とした。ただし、外国人のうち県内に宿泊しない者、日本人の宿泊客・日帰り客については、公共交通機関等の運行が再開次第、帰宅が可能としている。

なお、出典となる神奈川県入込観光客調査における人数は延観光客数であることに注意が必要である。

4. 1 2 自力脱出困難者（要救出者）

自力脱出困難者数（要救出者数）は、木造建物と非木造建物に分けて想定する。想定手法は、阪神・淡路大震災時における建物被害と要救出者数の発生状況の関係から設定した。

なお、液状化による全壊では自力脱出困難者は発生しないものとする。

(1) 木造建物倒壊による自力脱出困難者

阪神・淡路大震災における閉じ込め発生事例の分析から、崩壊する建物に滞在する人の 30%が閉じ込められる（自力脱出困難）としている。また、崩壊する建物の発生率についても、阪神・淡路大震災におけるデータから算出している。

自力脱出困難者数＝0.3×崩壊建物数×木造建物1棟あたりの屋内滞留人口

崩壊建物数＝全壊建物数×崩壊率

崩壊率＝0.4×計測震度－2.1

※東京都（2022）を用いた場合、震度6弱以下の地域でも全壊被害が発生するため、かなりの自力脱出困難者が発生する事となる。実際には、木造建物が崩壊する程度の大きな被害でなければ自力脱出困難者は発生しないことから、建物崩壊率を考慮した推定式を用いることが適当である。

(2) 非木造建物倒壊による自力脱出困難者

阪神・淡路大震災以前の地震による建物被害データから旧国土庁が設定した倒壊率を用いている。

なお、ここでいう「倒壊」とは、「全壊」（建物の機能を喪失する被害）のうち、建物全体や特定の階層が完全に崩壊（押しつぶされた状態）の被害をいう。

自力脱出困難者数＝0.3×倒壊建物数×非木造建物1棟あたりの屋内滞留人口

倒壊建物数＝全壊建物数×倒壊率

表 4.16 非木造倒壊率（震度換算）

建築年		倒壊率	
		昭和56年以前	昭和57年以降
震度	5弱以下	0.0%	0.0%
	5強	0.0%	0.0%
	6弱	0.8%	0.0%
	6強	2.9%	0.7%
	7	7.3%	2.6%

(3) 崖崩れによる自力脱出困難者（木造）

崖崩れによる建物被害（崩壊）は非常に大きいことから、閉じ込め率は前回調査で使った0.3とした。

崖崩れの自力脱出困難者数＝ 0.3×崖崩れ被害を受ける木造建物数
×木造建物1棟あたりの屋内滞留人口

(参考) 揺れによる自力脱出困難者

東京都（2022）による手法で要救助者（自力脱出困難者）数を予測した。

ここでの要救助者は、揺れによる建物被害に伴う要救助者である。

なお、要救助者は過去に発生した地震の揺れにより発生した過去の地震被害に関する統計データ等から被害量を算出した想定であり、必ずしも想定通りの被害が発生するとは限らない。

自力脱出困難者数＝0.117×揺れによる全壊率×屋内滞留人口

4. 1 3 災害関連死者

今回調査においては、内閣府において用いている東日本大震災（岩手県・宮城県）における災害関連死者数と最大避難者数の関係に基づき、避難者の定量評価結果(最大値)に対して、避難者1万人あたり40人の災害関連死が発生するものとして、災害関連死

者数を推計した。

なお、災害関連死については、推計手法が確立していないことから、これまで兵庫県において全壊棟数や直接死者数からの推計が試みられている。

$$\text{災害関連死者} = \text{避難者数} \times 40 / 10,000$$

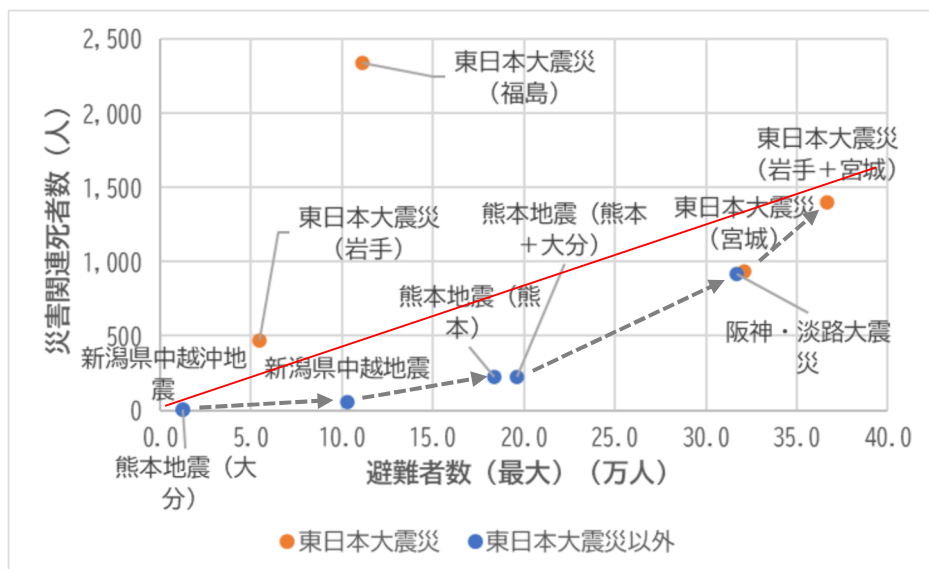


図 4.3 避難者数と災害関連死者数の関係 (赤線が推計式)

出典：南海トラフ巨大地震の被害想定項目及び手法の概要 (内閣府 2025)

(1) 全壊棟数からの推計

阪神・淡路大震災、新潟県中越地震、東日本大震災の事例からは、建物全壊棟数に対する関連死の発生率は、概ね 0.9%～2.3%と推定される。阪神・淡路大震災の 0.9%を採用すると、県内の最大全壊棟数約 38,550 棟に対し、約 350 人の関連死の発生が想定される。

阪神・淡路大震災	中越地震	東日本大震災 (宮城県)	東日本大震災 (岩手県)
全壊棟数 104,906 棟 (H18.5.19 兵庫県)	全壊棟数 16,985 棟 (H21.10 消防庁)	全壊棟数 82,889 棟 (H25.9.9 消防庁)	全壊棟数 18,460 棟 (H25.9.9 消防庁)
・関連死 919 人 (H17.12.22 兵庫県)	・関連死 52 人 (H24.5 内閣府)	・関連死 873 人 (H25.9.30 復興庁)	・関連死 417 人 (H25.9.30 復興庁)
●全壊棟数に対する 関連死比率(0.9%)	●全壊棟数に対する 関連死比率(1.6%)	●全壊棟数に対する 関連死比率(1.1%)	●全壊棟数に対する 関連死比率(2.3%)

※東日本大震災の関連死には自殺者を含む

(2) 直接死者数からの推計

阪神・淡路大震災や東日本大震災の事例からは、直接死に対する関連死の比率は、概ね 16%程度と推定される。今回想定では県内の最大直接死約 29,000 人に対し、約 4,600 人の関連死の発生が想定される。

阪神・淡路大震災のケース	東日本大震災のケース
直接死・関連死(県内 6,402 人)	
・直接死 5,483 人 (H17.12.22 兵庫県)	・死者(直接死)行方不明者 約 18,500 人 (H25.9 警察庁)
・関連死 919 人 (H17.12.22 兵庫県)	・震災関連死 2,916 人 (H25.9.30 復興庁)
●直接死に対する関連死比率(16.76%)	●直接死に対する関連死比率(15.76%)

図 4.4 (参考) 関連死比率

出典：兵庫県南海トラフ巨大地震津波被害想定（兵庫県、2014 年）

参考文献：

- ・中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）、平成 25 年 12 月
- ・東京都防災会議地震防災部会：首都直下による東京の被害想定報告書、2006
- ・静岡県：第 3 次被害想定報告書、2001.
- ・東京都火災予防審議会答申「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」、火災予防審議会・東京消防庁、2005. 3
- ・諸井・武村：関東地震（1923 年 9 月 1 日）による被害要因別死者数の推定，日本地震工学会論文集 第 4 巻，第 4 号，2004
- ・東京都：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書 1997.