

F23 避難安全検証法等の合理化 に係る検討

令和4年度

一般社団法人 建築性能基準推進協会

アイエヌジー株式会社

共同研究：国立研究開発法人建築研究所

調査の提案概要

背景

建築基準法施行令（以下「令」という。）第129条（階避難安全検証）や令第129条の2（全館避難安全検証）等の規定の適用により、避難関係規定（仕様規定）によらず設計することが可能になっているが、避難先が地上や直通階段に限定されている等により、近年の多様な建築計画に対応が難しい状況にある。

目的

本調査では、ペデストリアンデッキや別棟への避難、超高層建築物における中間階避難等、避難上支障がない部分への避難を評価できる方法について調査検討し、避難安全検証法への適用・直通階段等の避難関係規定の代替措置等を議論する。

調査項目と実施方針

- (イ) 避難安全検証法等の合理化に関する知見の整理
設計者の合理化ニーズ等の調査及び既存の知見の収集・整理を通じ、避難安全検証法における地上以外の避難先の導入や避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や要求性能・要件の方向性を検討する。
- (ロ) 避難実験・シミュレーション等の実施
(イ)を踏まえ、必要な避難実験・シミュレーション等を実施し、避難安全検証法において地上以外の避難先への避難を評価できる方法及び各避難関係規定の代替措置等を検討する。
- (ハ) 基準化の検討
(イ)及び(ロ)の検討内容を踏まえ、技術的資料をまとめる。

検討内容

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討

建物の複合化・大規模化や多機能化に応じて、合理的な避難計画の必要性

⇒ペDESTリアンデッキや別棟への避難

⇒超高層建築物における中間階避難等

ペDESTリアンデッキに着目

⇒避難施設としての機能要件・性能水準の明示

⇒実態調査に基づく現存のペDESTリアンデッキの規模、接続する建築物の規模、地上との接続状況等の情報収集

⇒バーチャルリアリティ（VR）手法を用いた避難実験の実施

②避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や要求性能に関する検討

避難安全性の達成＝避難経路の確保（避難計画）＋避難経路の保護（煙制御計画）

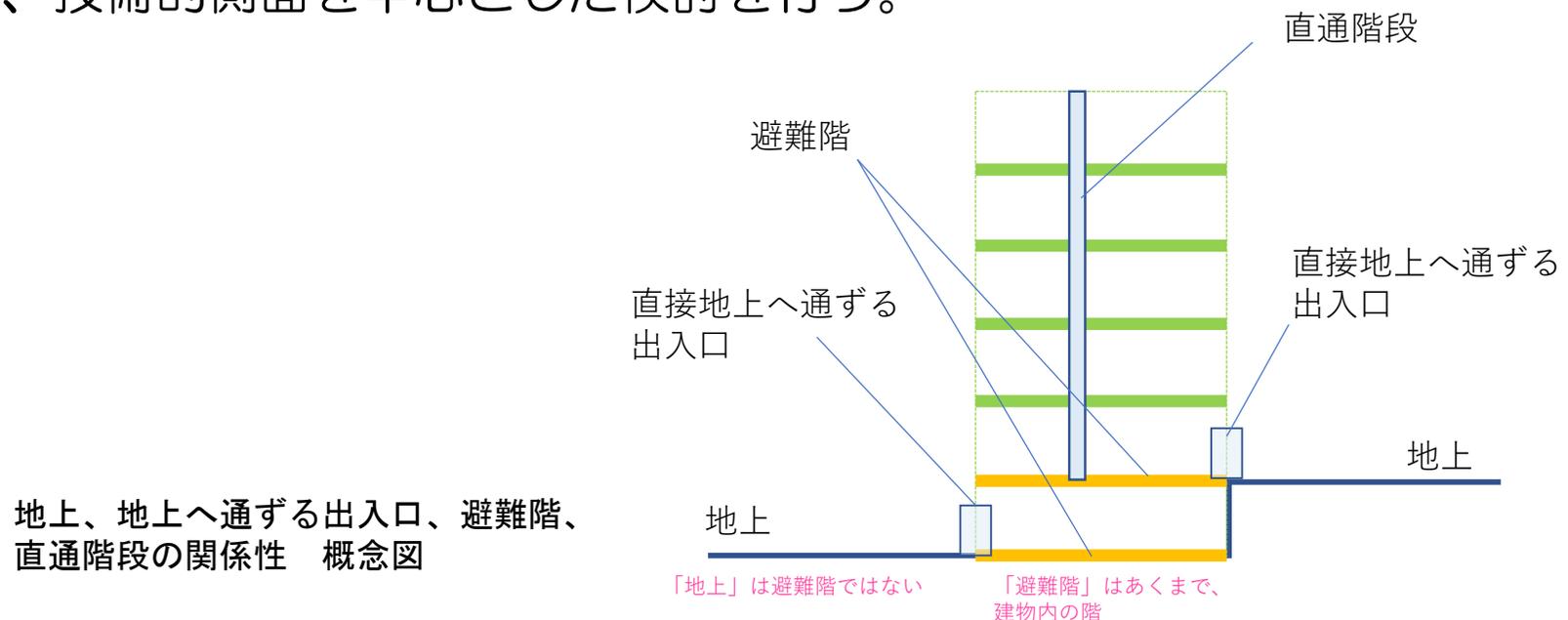
⇒現行法令では「避難計画」の脆弱性を「煙制御計画」で補完している。

⇒「避難経路性能向上」によって、より合理的な設計が可能とならないか？

⇒「避難経路」も含めた避難安全対策を合理的に評価するためにリスク評価に基づいた手法を提案

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

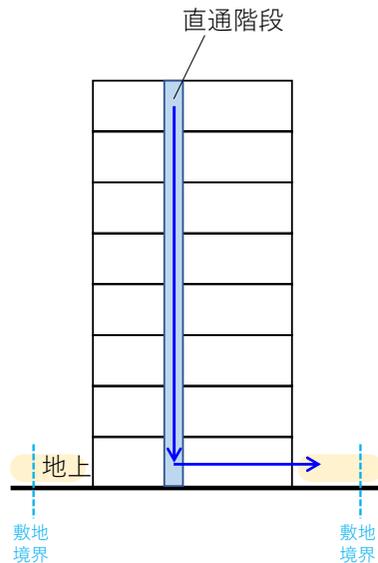
- 市街地に立地した大規模な建物では、歩車分離や空間利用の高度化のために、ペDESTリアンデッキが計画されることが多々ある。その管理運営や利用目的は多種多彩である。
- 一方で、ペDESTリアンデッキの火災避難計画に当たっては、建築基準法令の避難規定の中で、その位置づけは必ずしも明確ではない。これは、ペDESTリアンデッキの計画のされ方が多様であることが理由であると考えられる。本検討では、ペDESTリアンデッキを火災避難計画に組み込むにあたって、将来的な法的位置づけの在り方の検討も視野に入れながら、技術的側面を中心とした検討を行う。



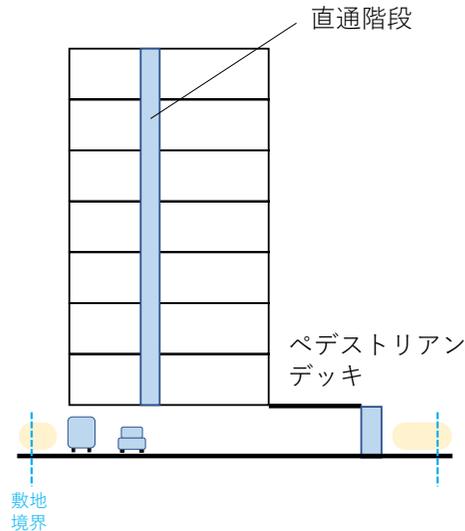
①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

- ペDESTリアンデッキを火災避難計画の中で位置づけるニーズ

通常の直通階段

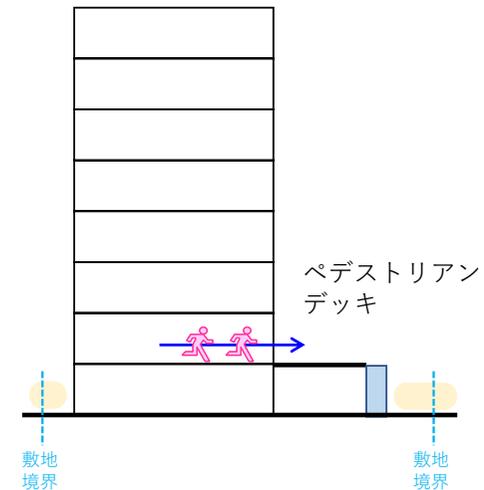


1) 直通階段を
ペDESTリアンデッキの
ある階までの直通と
したい



2) ペDESTリアンデッキの
ある階の在館者の避難先
をペDESTリアンデッキ
としたい

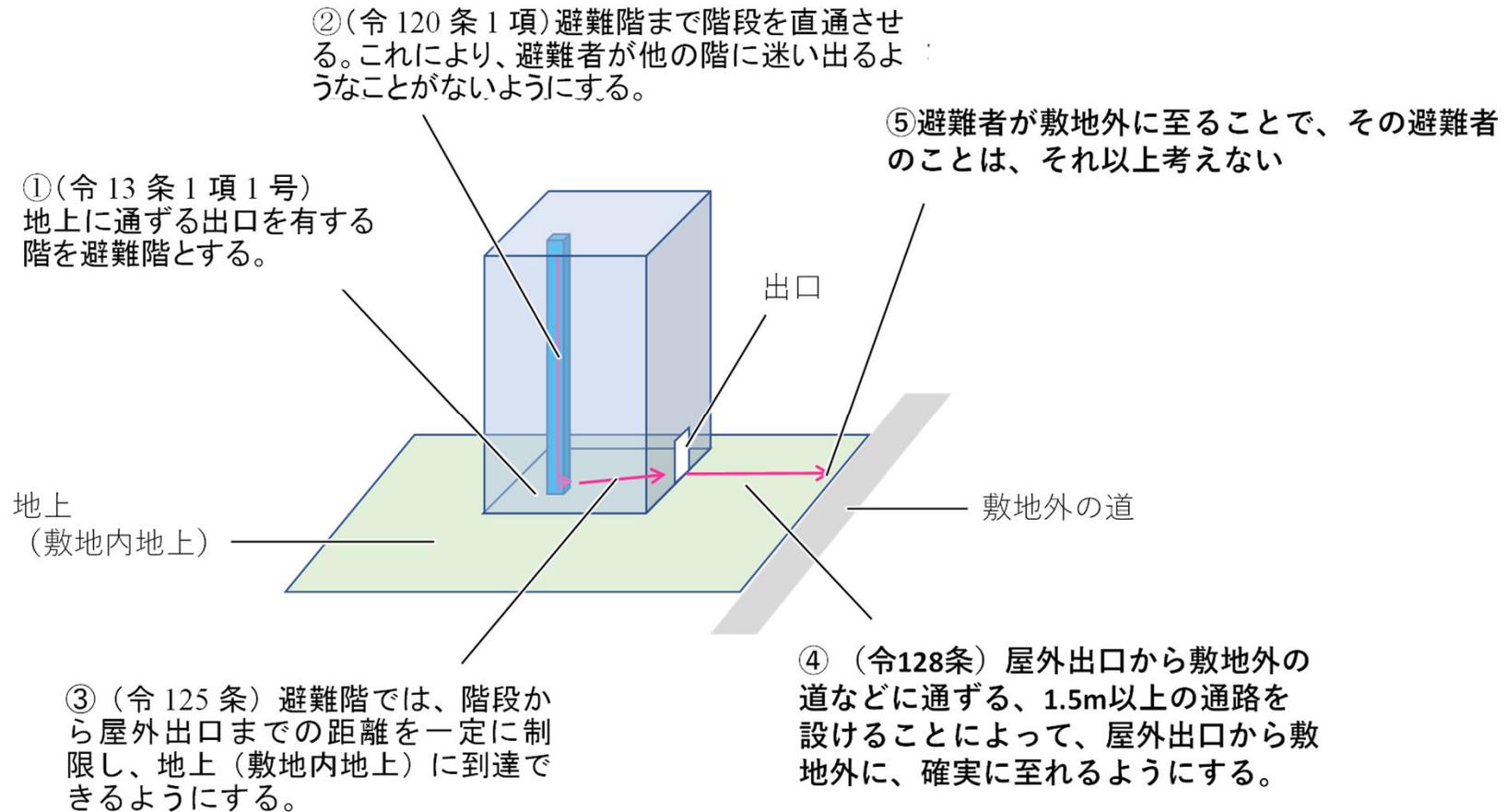
ペDESTリアンデッキのある階から地上に
出入口を持つ階までの直通階段を
通らずに避難することができる。



⇒それぞれの火災避難計画を実現するために機能要件を明示する！

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

・建築基準法に基づく避難施設の機能要件



④：建物出口から敷地外の道に至るまでの安全性及び避難行動の継続性

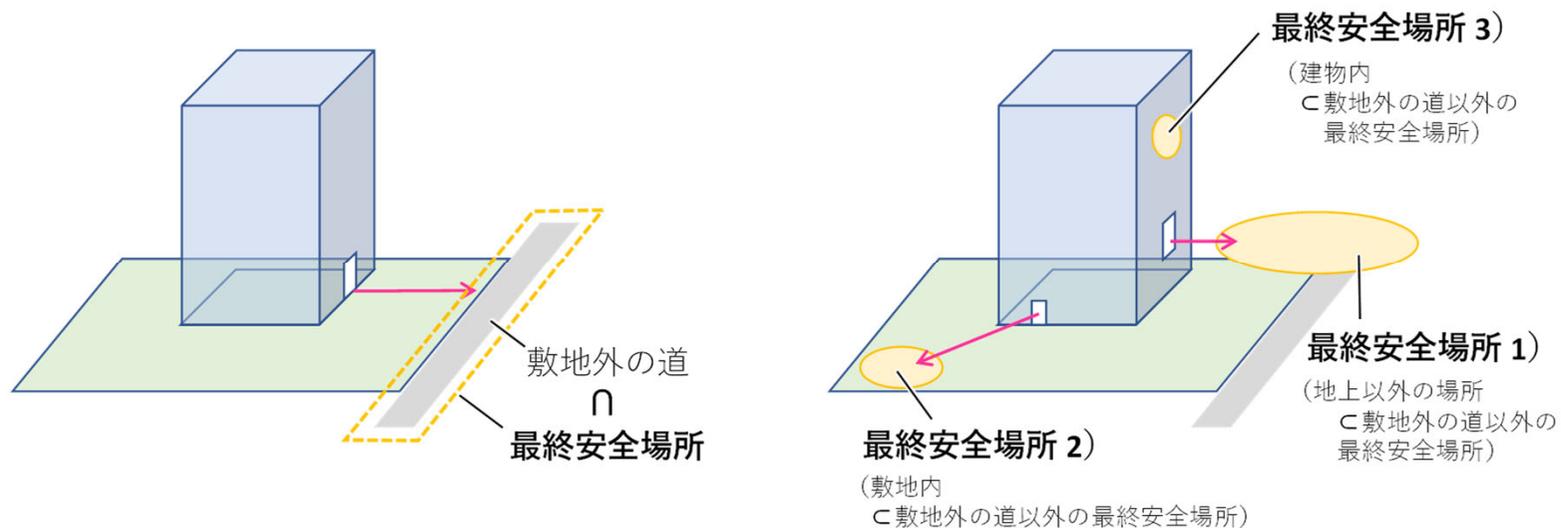
⑤：避難行動における最終到達点

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

・ペDESTリアンデッキに求めるべき機能要件

最終安全場所

- ・ **最終安全状態**が確保される場所
- ・ 機能要件
 - ⑤a 避難者が直接的な火災の影響（炎、煙、熱）を受けないこと
 - ⑤b 避難者が間接的な火災の影響（倒壊、落下物）を受けないこと
 - ⑤c 高密度にならないこと
- ・ (例示仕様) 敷地外の道は、最終安全場所である。



例示としての最終安全場所

概念としての最終安全場所の可能性

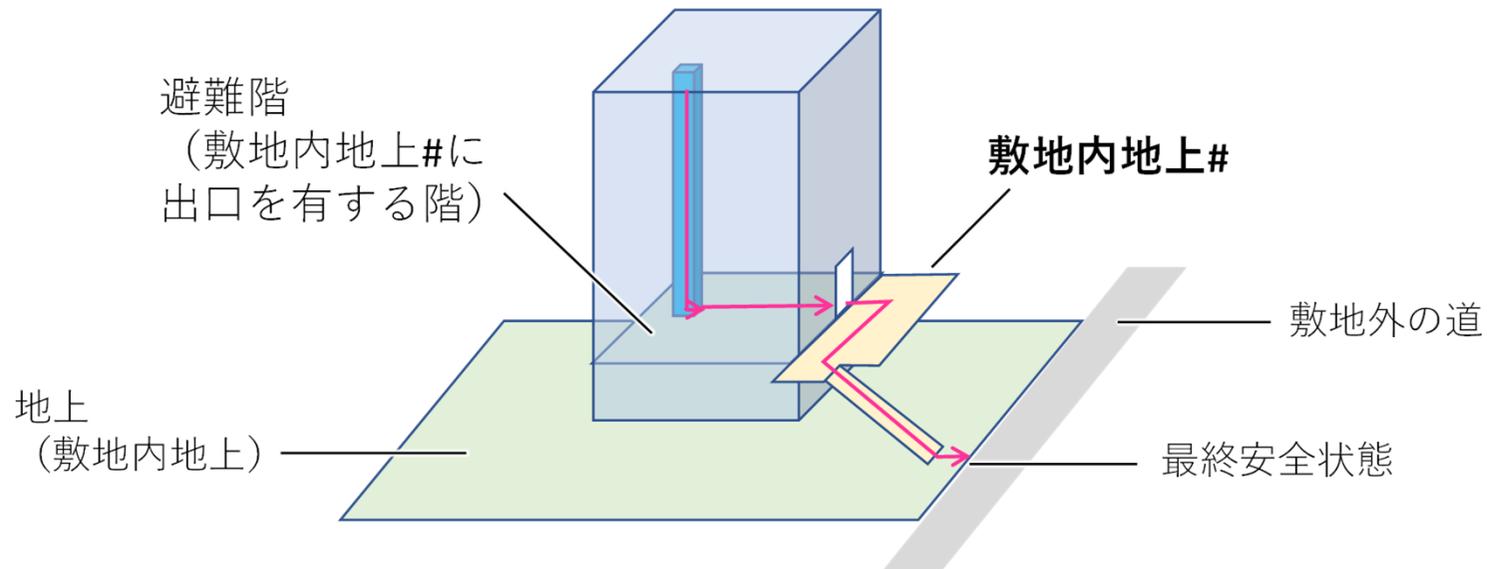
①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

・ペDESTリアンデッキに求めるべき機能要件

「敷地内地上#」*：当該建物での火災時に、当該建物からの避難者を「敷地外の道」に到達させることができる部分で、建物出口から敷地外までの安全性及び避難行動の継続性を満たすもの。

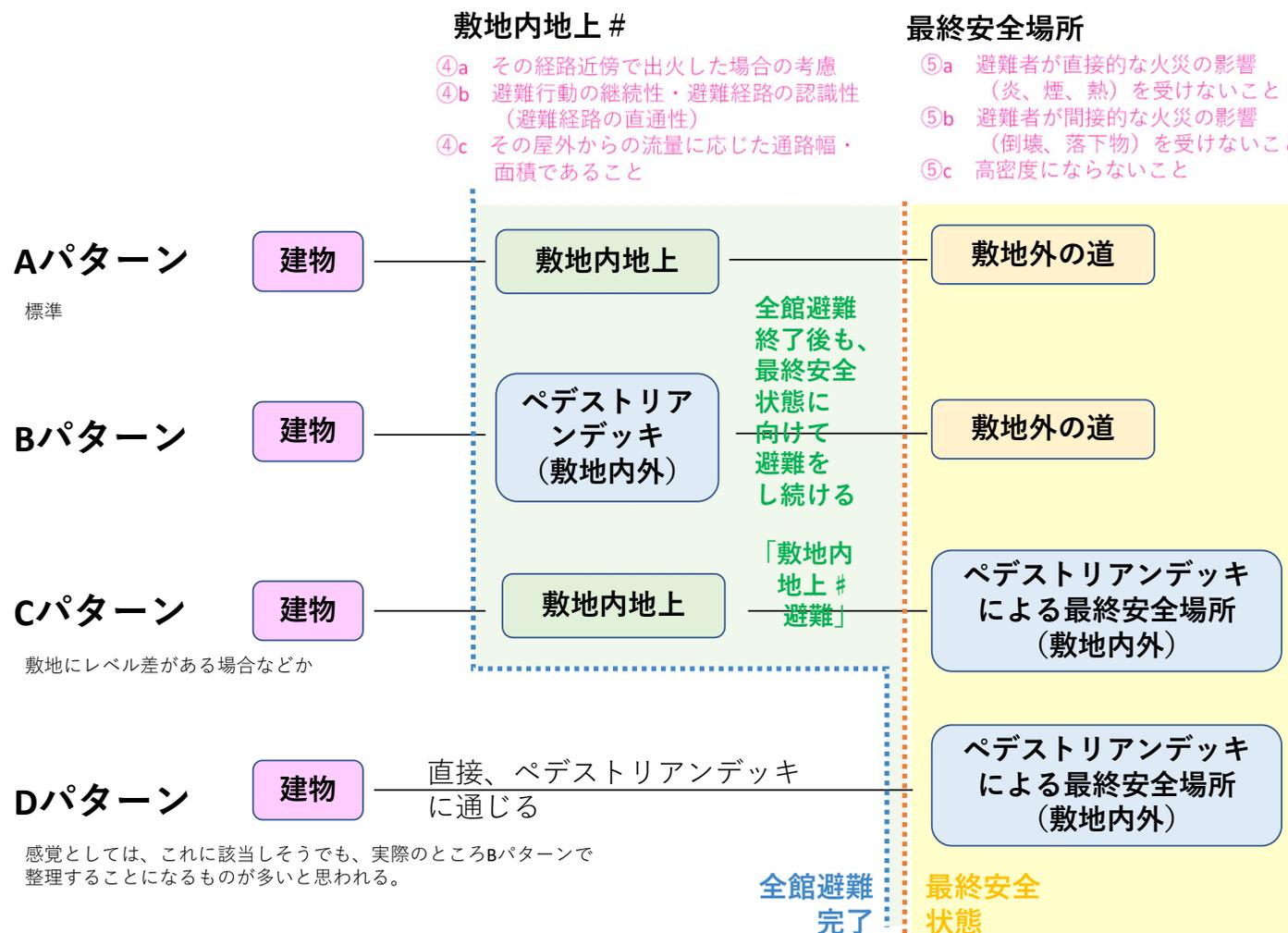
*建物の外部における避難に利用する場所として、地上（敷地内地上）と区別するため、「敷地内地上#」という概念を設定した。

当該部分に出口を有する階（建物内の部分）を避難階とする。



①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

- ペDESTリアンデッキに求めるべき機能要件



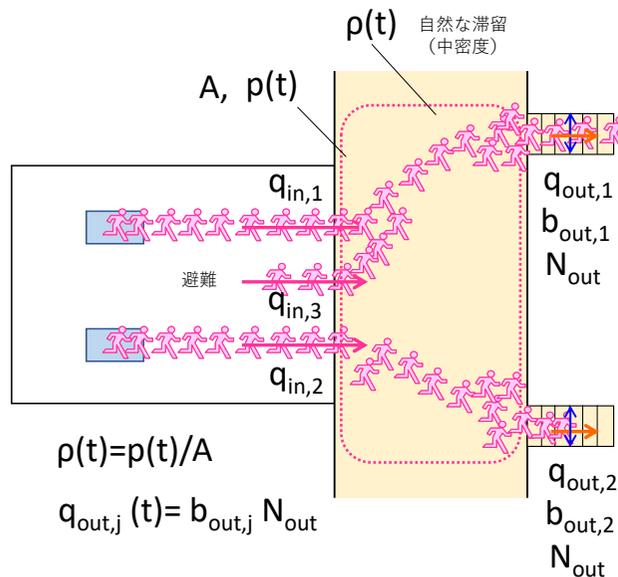
ペDESTリアンデッキを敷地内地上#とする条件 → ④a~④cを満たすこと
ペDESTリアンデッキを最終安全場所とする条件 → ⑤a~⑤cを満たすこと

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

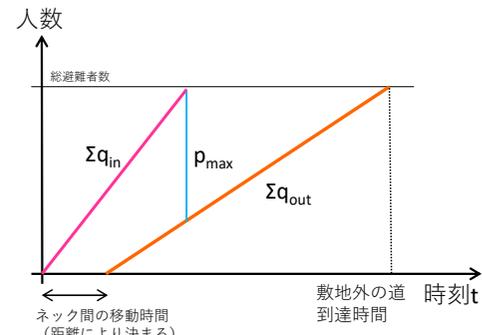
- ペDESTリアンデッキの性能評価の考え方 <避難者の行動状況に合わせた評価>

避難行動継続型：ペDESTリアンデッキを介して最終安全場所へ避難する。
⇒避難行動期間中に大きな滞留（密度）が生じないこと

避難行動が継続される状態を整えた上で、
避難行動が継続された状態の滞留を評価する



- A ペDESTリアンデッキのうち避難場所とする範囲 [m²]
- $p(t)$ 時刻(t)における人数 [人]
- $\rho(t)$ 時刻(t)における密度 [人/m²]
- $q_{in,i}$ 建物の経路iからペDESTリアンデッキへの流入量 [人/s]
- $q_{out,j}$ ペDESTリアンデッキの経路jから地上への流出量 [人/s]
- $b_{out,j}$ ネット幅 [m]
- N_{out} ネットの流動係数 [人/(ms)] $N_{out} = 1.3$



$$\rho(\max) = p_{\max} / A \leq 2.0$$

$$\frac{dp(t)}{dt} = (\sum q_{in,i}(t) - \sum q_{out,j}(t)) / A$$

$$\rho(t) \leq 2.0 \quad (0 \leq t \leq \text{敷地外の道到達時間})$$

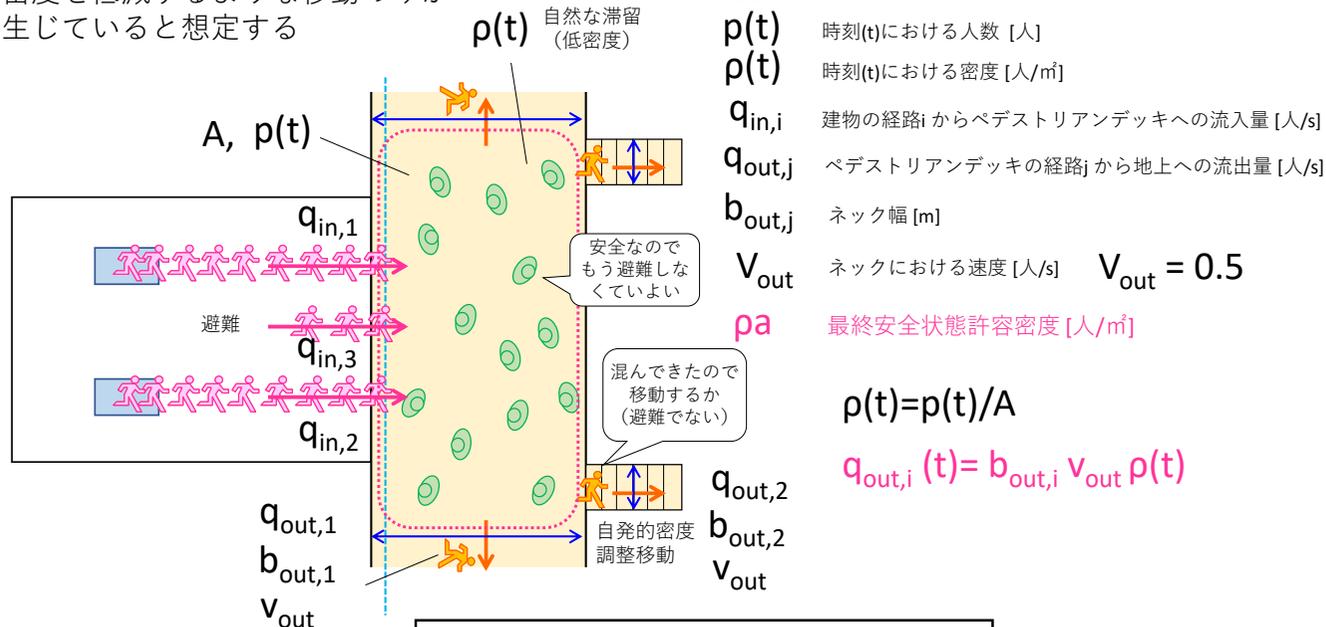
①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

- ペDESTリアンデッキの性能評価の考え方 <避難者の行動状況に合わせた評価>

停止・密度低減型：ペDESTリアンデッキから積極的に他所への避難を行わない。
⇒避難完了までに大きな滞留（密度）が生じないこと

(停止・密度低減型)

避難行動は継続しておらず、
密度を低減するような移動のみが
生じていると想定する



- A ペDESTリアンデッキのうち避難場所とする範囲 [m²]
- $p(t)$ 時刻(t)における人数 [人]
- $\rho(t)$ 時刻(t)における密度 [人/m²]
- $q_{in,i}$ 建物の経路i からペDESTリアンデッキへの流入量 [人/s]
- $q_{out,j}$ ペDESTリアンデッキの経路j から地上への流出量 [人/s]
- $b_{out,j}$ ネック幅 [m]
- v_{out} ネックにおける速度 [人/s] $v_{out} = 0.5$
- ρ_a 最終安全状態許容密度 [人/m²]

$$\rho(t) = p(t) / A$$

$$q_{out,i}(t) = b_{out,i} v_{out} \rho(t)$$

$$dp(t)/dt = (\sum q_{in,i}(t) - \sum q_{out,i}(t)) / A$$

$$\rho(t) \leq \rho_a \quad (0 \leq t \leq \text{敷地外の道到達時間})$$

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

・ペDESTリアンデッキの火災避難上の位置づけ <まとめと今後の課題>

	ペDESTリアンデッキが 敷地内	ペDESTリアンデッキ が敷地外
敷地内地上#型 (敷地内地上に相当)	④a～④c ④a 敷地内地上#の経路近傍で出火した場合の考慮(当該部分避難中) ④b 避難行動の継続性・避難経路の認識性 ④c その屋外からの流量に応じた通路幅・面積であること 移動行動の型：避難移動継続型	知見の補強が必要
最終安全場所型 (敷地外の道に相当)	⑤a～⑤c ⑤a 避難者が直接的な火災の影響(炎、煙、熱)を受けないこと ⑤b 避難者が間接的な火災の影響(倒壊、落下物)を受けないこと (⑤bは、⑤aと⑤cを満たすことで、満たされる) ⑤c 高密度にならないこと 移動行動の型：停止・密度低減型	知見の補強が必要

⇒ペDESTリアンデッキの実態調査と
バーチャルリアリティ(VR)手法を用いた避難実験実施へ

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

- 前項で整理した「ペDESTリアンデッキの火災避難上の位置づけ」の基準化検討を進める上で必要な情報を集めることを目的としてペDESTリアンデッキの実態調査を行った。
「最終避難先」・「最終避難先への避難経路」となり得る条件を念頭に、規模・建築物との接続状況、管理形態等のデータを収集した。
このデータはVR実験における条件設定の根拠データとしても活用する。

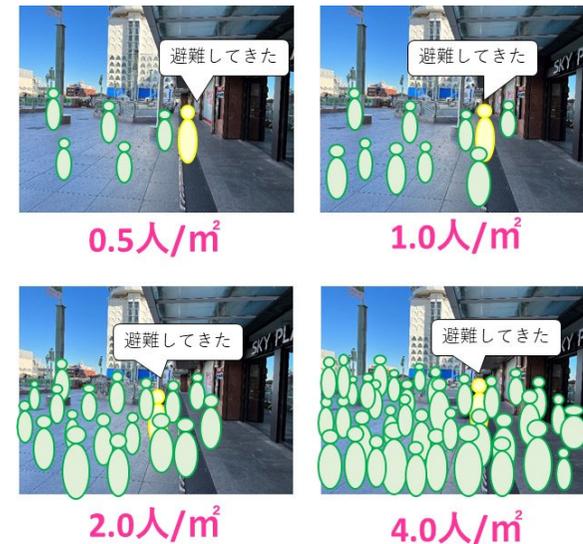
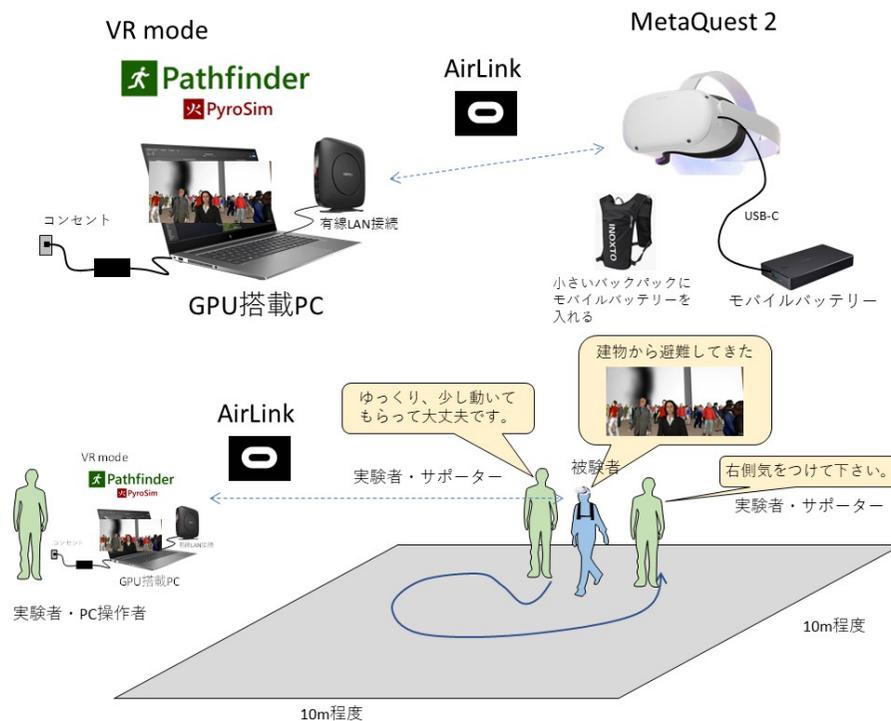


ペDESTリアンデッキの特徴
(延べ床面積、形状、階、接続する建物の数量、地上へのアクセス経路(例えば階段幅)などの関係性)を示す指標の提示を目指す。

凡例	内容
黄色の線	歩行者デッキ
赤い点	建物
赤い点と線	階段位置・階段幅(m)
青い矢印	撮影ポイント

①避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討 (ペDESTリアンデッキに着目)

- 実際のペDESTリアンデッキで、避難者の避難状況を再現するような実験は困難なことから、近年、技術が汎用化してきているバーチャルリアリティ（VR）を活用した実験を行う為の準備を行った。
- VRにより実際のペDESTリアンデッキとその周辺の建物を再現し、その建物で火災が生じ、その建物から避難した人がペDESTリアンデッキに到着したのちに、どのような行動をとるか、どのような心境となるかについてのアンケートを主体とした被験者実験を行う。



密度条件：どこで危険性を感じる？

評価基準値の妥当性検討へ

②避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や性能要求に関する検討

検討の背景

- 無窓居室に対して現行規制の内容が、避難安全性の向上に有効か？
- 避難安全検証法（ルートB）や性能評価（ルートC）では、窓の有無は検証に影響しない。工学的なアプローチでは有窓/無窓を評価できないのではないか？
- 排煙設備の設置免除条件（告示第1436号）も工学的に説明できないものがある。

規定制定の経緯

- 現在の避難関係規定は、1960～1970年代に定められたものが多い。
- 当時の建築火災の特徴は、（縦穴区画（遮煙性能）がなく）比較的早い段階で避難経路である階段に煙が侵入し、自力での避難が困難であった。残された避難手段は、窓からの脱出（飛び降り等）、籠城、消防隊等による救助であった。
- そのような状況では、「窓」の有無により生死が分かれていたと推測される（窓から脱出、窓から救助、籠城など）。



②避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や性能要求に関する検討

規制の変遷

- 1969年の「竪穴区画」は延焼防止が目的であり、「煙拡散防止（遮煙）」の視点での規制は1973年になってから。
- 「直通階段を使い避難する」「直通階段に煙を侵入させない」ことは1973年以降に可能となった。→1973年に竪穴区画（遮煙）が規定され、避難安全性が格段に向上した。

西暦	主な改正内容
1949	消防法施行
1950	建築基準法施行
1956	直通階段, スパンドレル
1959	耐火建築物, 防火区画, 面積区画, 異種用途区画, 貫通部処理, 内装制限, 特別避難階段
1963	内装制限 (31m超), 高層区画, 特別避難階段 (15階以上)
1969	竪穴区画, 地下街の防火区画, 内装制限強化, 2以上の直通階段, 重複距離, 屋外出口までの歩行距離, 防火扉の自動閉鎖
1970	非常用EV (31m超), 排煙設備, 非常用照明, 非常用進入口, 内装制限強化, 階段室の防火区画, 物販店舗の階段幅等
1973	防火シャッター面積, 遮煙性能を規定, 内装制限強化, 2以上の直通階段強化
1998	単体規定の性能規定化 (防火材料, 耐火構造等, 耐火性能検証法, 避難安全検証法), 排煙設備等の合理化

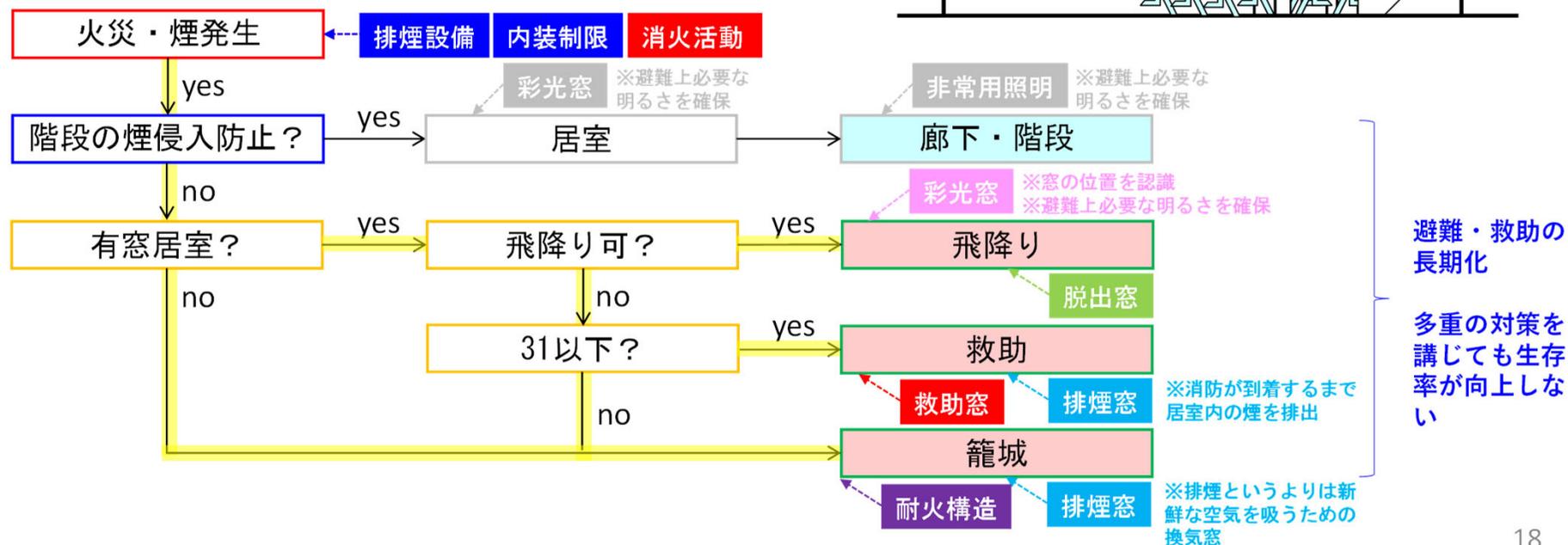
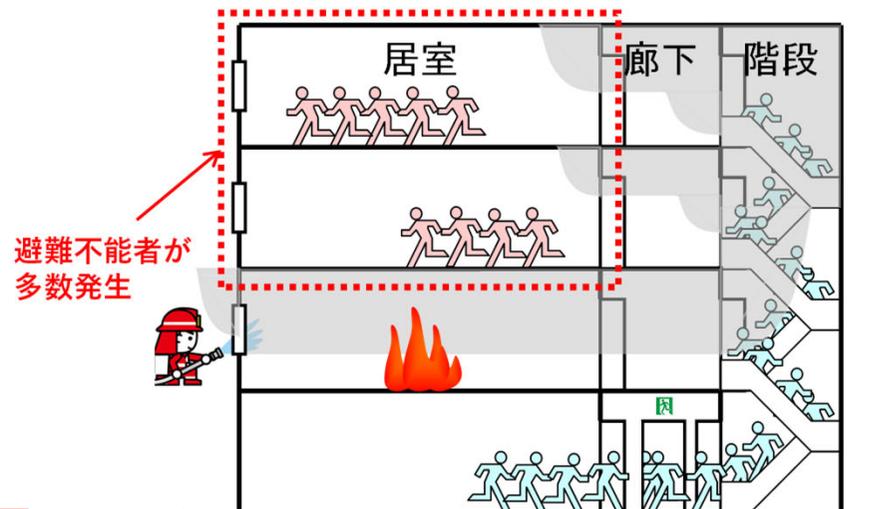
⇒避難施設に関わる基準の合理化

②避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や性能要求に関する検討

避難施設の性能向上による避難関係規定の合理的な取扱い

■ 直通階段の煙制御対策が不十分な場合

- 火災室の構造
- 廊下・階段の構造
- 居室の構造・階数（火災階より上階）

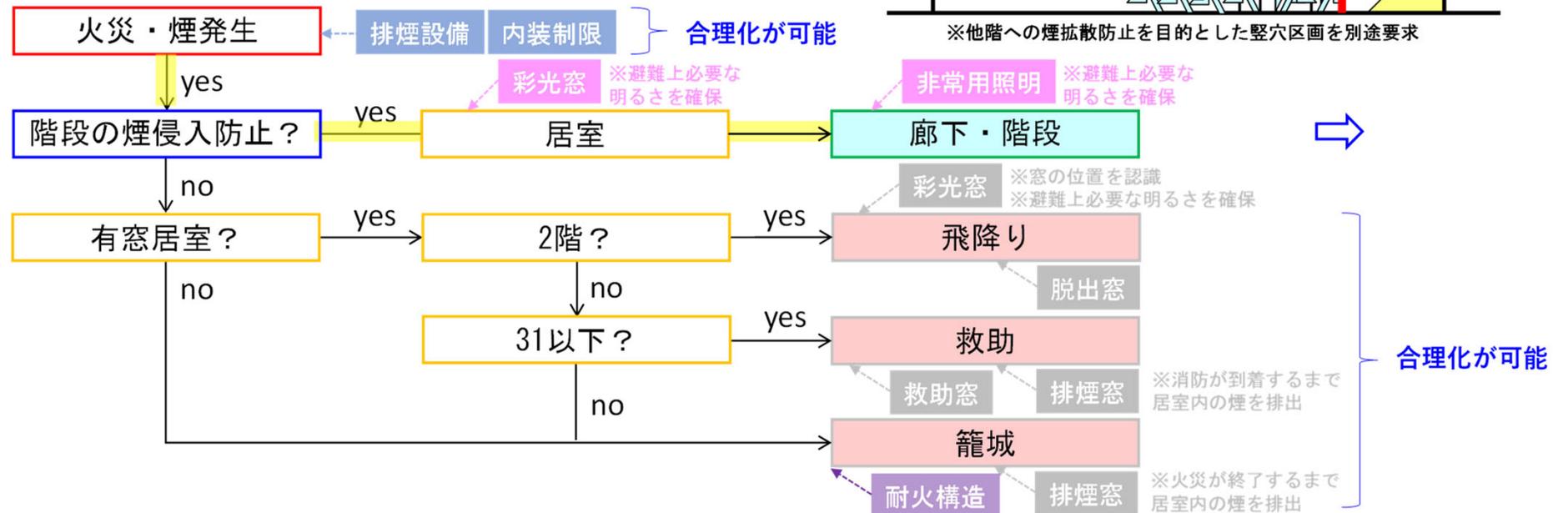
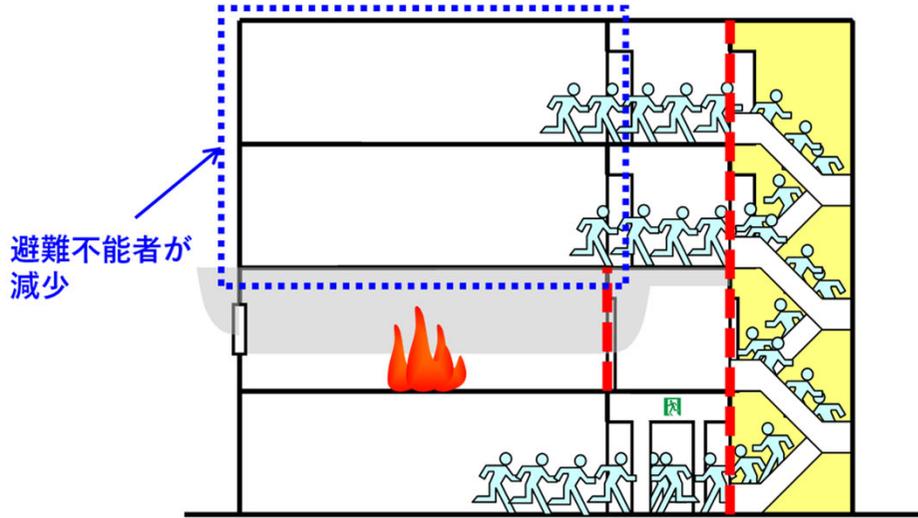


②避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や性能要求に関する検討

避難施設の性能向上による避難関係規定の合理的な取扱い

■直通階段の煙制御対策が十分な場合

- 火災室の構造
- 廊下・階段の構造
- 居室の構造・階数（火災階より上階）



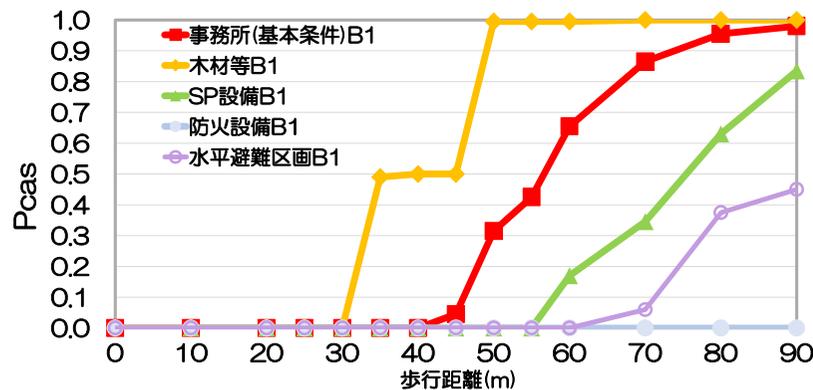
②避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や性能要求に関する検討

避難施設の性能向上による避難関係規定の合理的な取扱い～評価の方法

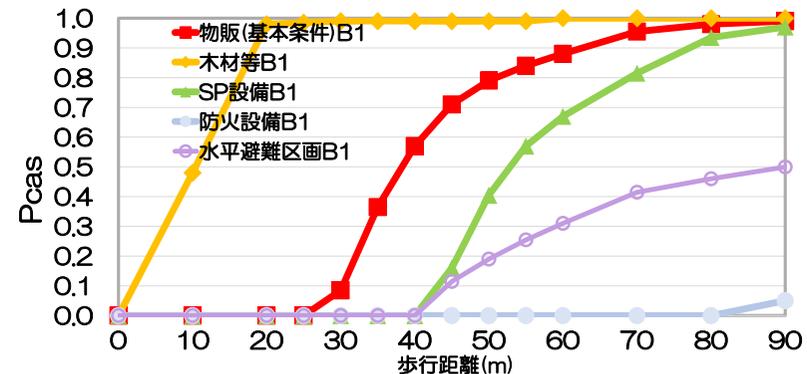
◎安全対策を総合的かつ定量的に評価する手法として「リスク評価」を導入

リスク評価の概要

- (a) 火災1件当たりの空間jの避難不能者数 R_j [人/件]に基づき評価する。
- (b) 避難可能/不能の判定は避難安全性能評価法で一般的に使われている煙層暴露時の基準を用いる。
- (c) 居室または避難経路ごとの避難完了時間や煙層温度の算出には、高さ判定法B2(令3年国交告第475号)の計算式を用いる。



事務所の場合



物販店舗の場合

対策毎の歩行距離と避難不能者数 (Pcas) との関係

まとめ

避難安全検証法における地上以外の避難先の導入に関する検討

- ・ペDESTリアンデッキに着目し、ペDESTリアンデッキの避難施設としての位置づけを明確にするために、現行法令基準や各種指針の内容を整理し、既存のペDESTリアンデッキの実態調査を行った。
- ・火災建物からの最終避難先としての機能を果たす場合と、それ以外の避難先への途中経路としての機能を果たす場合に分類し、それぞれの性能を評価するモデル案を提案した。

⇒ 今後の課題

- ・評価モデルの精度を高めるために必要なデータを取得するため、バーチャルリアリティ技術を使った模擬空間での避難行動予測及び被験者の心理状況を調査する実験の実施。
- ・ペDESTリアンデッキ以外の避難先（水平避難、中間階避難など）に対象を広げ、同様の検討を行う

避難関係規定の代替措置等の整備に必要な評価方法や性能要求に関する検討

- ・総合的・合理的な避難安全設計を実現するために、本来あるべき避難施設の構造・仕様を整理し、これを評価するための方法として、リスクベースの評価方法を提案した。

⇒ 今後の課題

- ・提案した方法を用いてケーススタディを進め、合理的な設計方法（対策の取り方）の提示を目指す。