

# 避難シミュレーションについて

---

## ■シミュレーションの目的

地下街において、大地震時を想定して、避難の状況を再現したシミュレーションを行い、問題点の把握と、その対策案の検討を行う。パニックを起こさないための検討も併せて行う。

- ・ シミュレーションは**避難に要する時間**や、避難のために階段の前等に集まった避難者の**滞留状況**などに着目して行う。
- ・ パニックについては、地震後の落下物の発生等により一刻も早くその場から退去したいというような状況で、避難者が避難先を目指して殺到するような状況がパニックを誘発するとして検討を行う。

## ■シミュレーションの対象の分類

全国の地下街を、避難の状況に大きな影響のある**建設年代の違い**による**避難施設の設置状況の違い**と**平面形**から4種類に類型化する。

### ・ 避難施設の設置状況の違い

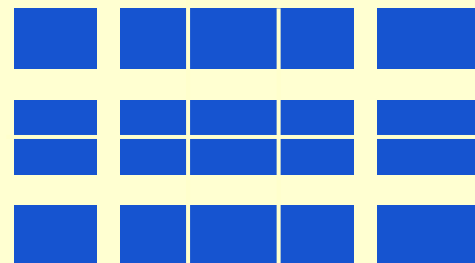
地下街は、設置が始まって以降に起こった事故の教訓などから基準が厳しくなっている。特に昭和44年の建築基準法の改正から昭和49年の「地下街に関する基本方針」に至る一連の基準強化以前と以後に分けて分類する。

### ・ 平面形

一本の通路の両側に店舗が面する**線形パターン**と複数の通路が格子状に広がる**面的パターン**に分類する。



線形パターン



面的パターン

## ■ 基準強化の経緯

改正基準	施行年月	概要
建築基準法の改正	昭和44年1月	地下の各構えの耐火性能、防火区画の強化 避難の歩行距離を30m以下とする
4省庁(建設省、運輸省、警察庁、消防庁)の事務次官通達 「地下街の取り扱いについて」	昭和48年7月	地下街の新設・増設を厳に抑制する方針及び地下街連絡協議会の設置等
地下街中央連絡協議会 「地下街に関する基本方針」	昭和49年6月	地下街の規制に関する取り扱い方針及び設置 計画策定に関する基準の制定
5省庁(4省庁+資源エネルギー庁)の事務次官通達 「地下街の取り扱いについて」	昭和55年6月	ガス保安対策等の追加
5省庁事務次官通達廃止	平成13年6月	廃止後も原則的に遵守されている

## ■基準強化以前以後の設計基準の主な相違点

項目	基準強化以前	基準強化以後
通路幅員	制限なし ..... 実際の計画では 主通路で6m程度 面的パターンの奥まった通路では部 分的に4m程度の通路が存在	6m以上 ..... 実際の計画では主通路で10m～20m
階段	歩行距離40m以下となるように設置 幅員1.2m以上	歩行距離30m以下となるように設置 幅員1.5m以上 通路端部階段幅員の合計 $\geq$ 通路幅員
通路天井高	制限なし ..... 実際の計画では2.5～3.0m	3m以上 .....
地下広場	なし	歩行距離50m以下となるように設置 排煙・採光のためのふきぬけ、2か所 以上の階段設置
店舗面積の割合	制限なし	地下街店舗延べ面積 $\leq$ 公共地下歩道延べ面積

## ■4分類の地下街の数

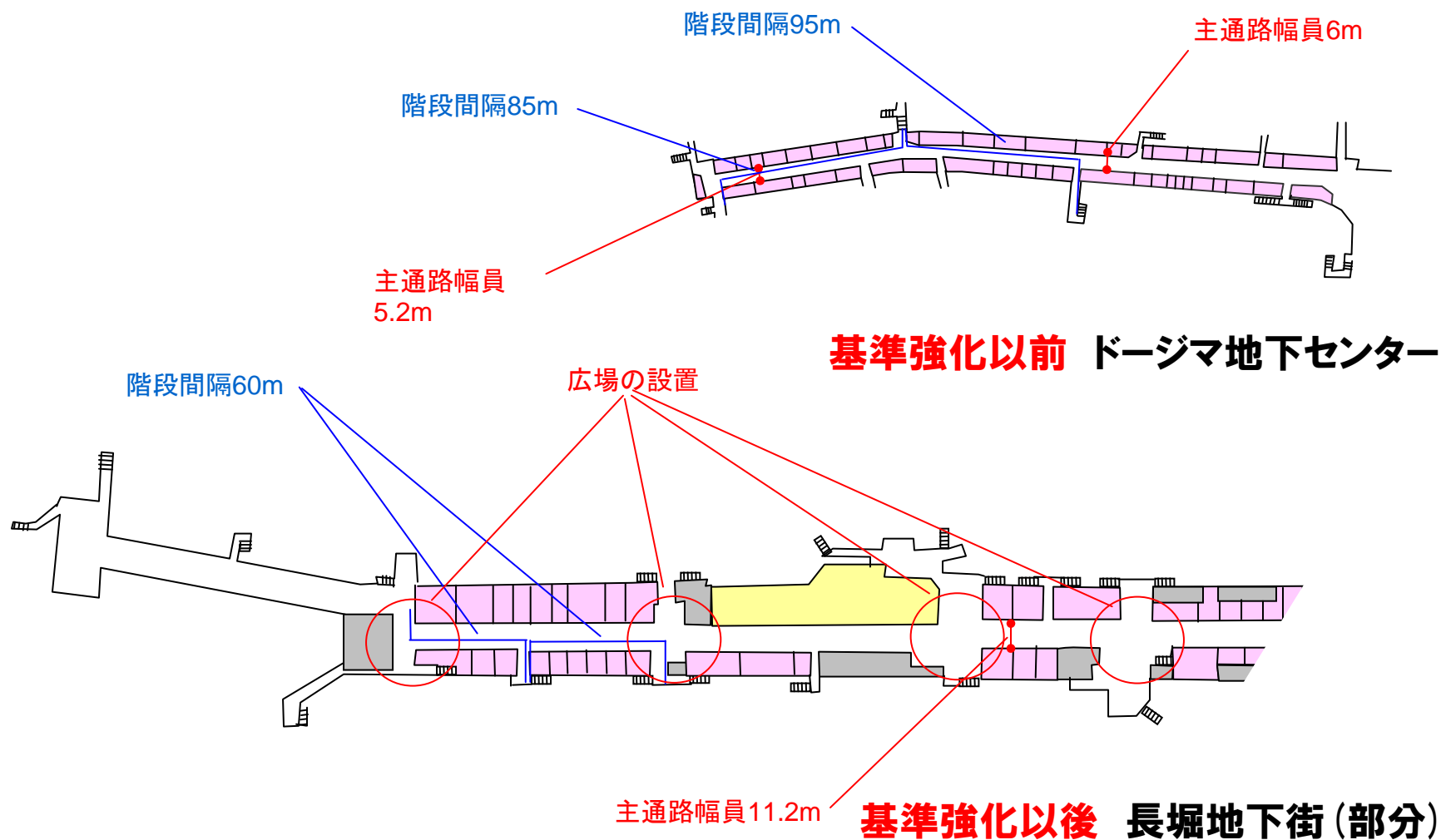
- ・基準の強化が始まったのは昭和44年であり、許認可取得から開業までに2年を要すると考えると、開業年で昭和47年以前、以降を区分の境と考える。
- ・これをさらに線形、面的パターンに分類すると調査対象78地下街は以下のような分布となる。

	基準強化以前		基準強化以後	
線形パターン	22	28%	11	14%
面的パターン	27	35%	18	23%

※数字は件数を示す

- ・全地下街のうち63%が基準強化以前。
- ・面的パターンの地下街が全体の58%。

## ■ 線形パターン 基準強化以前以後の代表例の比較



面的パターン 基準強化以前以後の比較

階段間隔  
64.4m

通路幅員6.9m

通路幅員7m



基準強化以前

札幌駅南口地下街(アピア)

通路幅員15m

通路幅員6m

広場の設置

階段間隔60m



基準強化以後

川崎駅東口広場地下街(アゼリア)



## ■シミュレーションの方法

- ・ 明確な設計基準のある基準強化以後の地下街については、**モデルプランを作成し、シミュレーションを実施する。** 明確に設計基準のない基準強化以前の地下街については、**避難の上で不利な条件を持つもの数か所を選び(避難階段の間隔が大きい、通行量が大きい等)シミュレーションを実施する。**
- ・ これらのシミュレーションを通じ、地下街の避難安全性の比較と、安全確保の上で留意すべき事項を明らかにする。

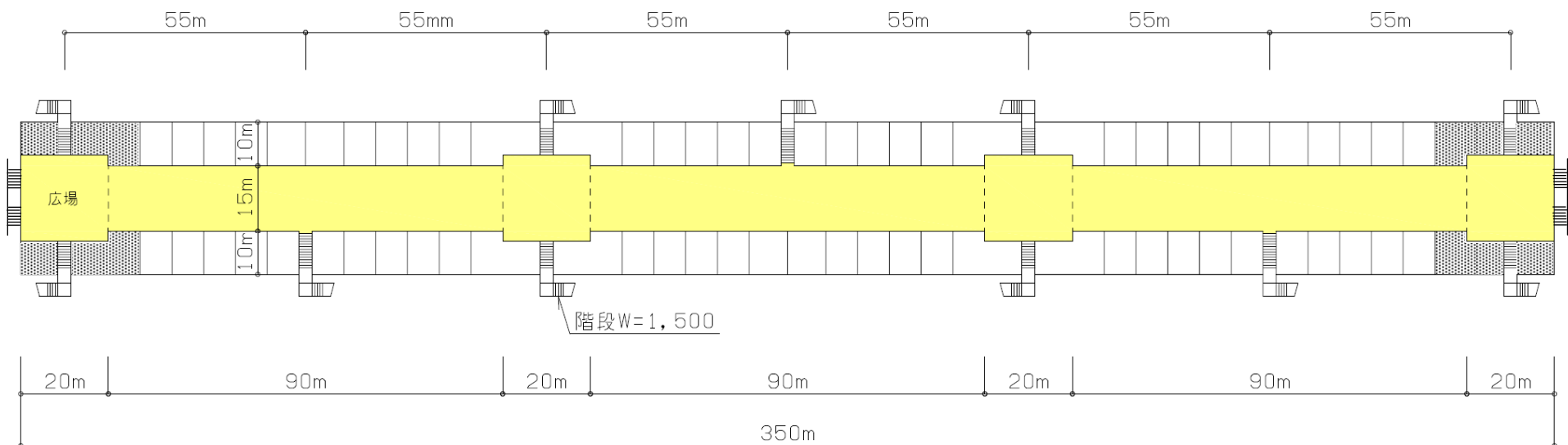
基準強化以後

基準強化以前

検証対象：(類型化したモデルプラン 2タイプ) + (特異な事例数例)

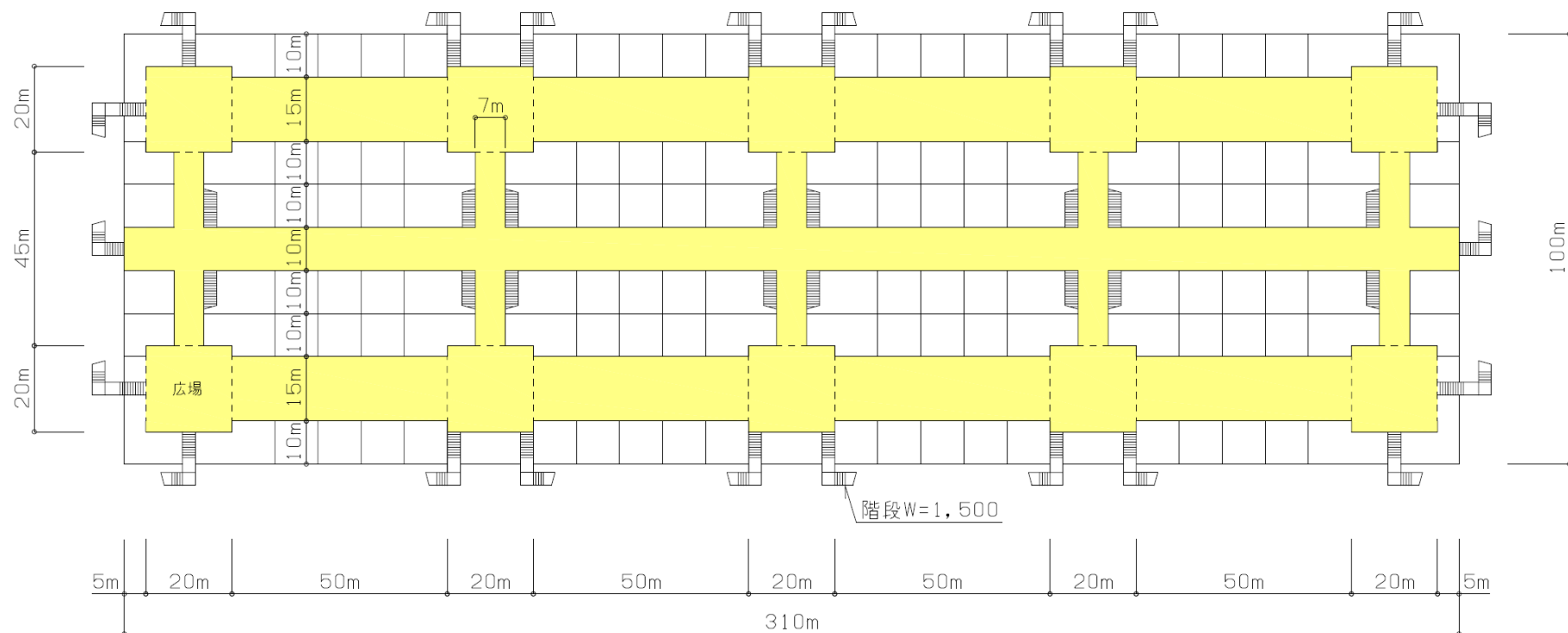
- ・ 避難の状況  
地震後に、地下街の安全が確認できないため、安全確保のために一斉に避難する状況を想定する。
- ・ 避難状況の評価の方法  
**避難に要する時間**や、避難時の**滞留状況**をシミュレーションにより推定して、安全性評価の指標とする。
- ・ 避難時に**パニックを起こしやすい状況が起きない**かについても検討する。

## ■ モデルプラン(線形パターン, 基準強化以後)



- ・主通路は「地下街に関する基本方針」の地下街店舗延べ面積 $\leq$ 公共地下歩道延べ面積を考慮して15mとした。
- ・階段の間隔は「地下街に関する基本方針」の最低値60mを参照し60mとした。
- ・階段幅員は「地下街に関する基本方針」の最小1.5mとした。

## ■ モデルプラン (面的パターン, 基準強化以後)



- ・主通路は「地下街に関する基本方針」の地下街店舗延べ面積 $\leq$ 公共地下歩道延べ面積を考慮して15mとした。他に10m、7mの通路部分を設けている。
- ・階段の間隔は「地下街に関する基本方針」の最低値60mとした。
- ・階段幅員は「地下街に関する基本方針」の最小値1.5mとした。
- ・「地下街に関する基本方針」に従い歩行距離50m以内毎に広場を配置し階段を2以上設けた。

## ■ 基準強化以前の实プランに即した検証例

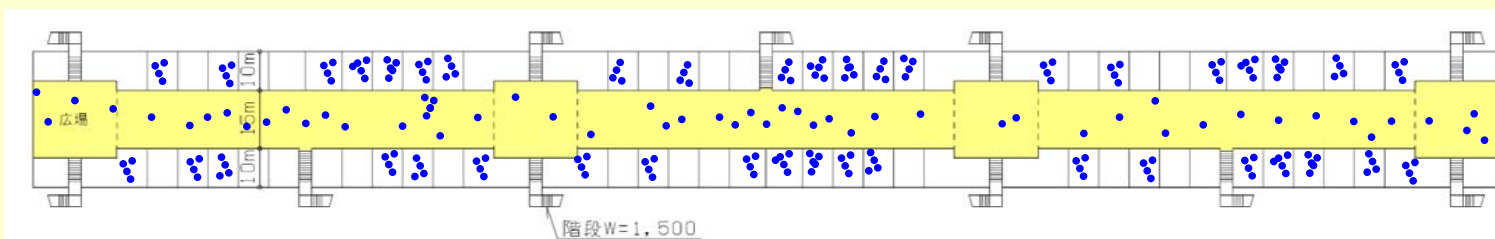
- ・基準強化以前の地下街で、特に**階段間隔が大きい**、**店舗密度が高い**、**通行量が多い**、**駅などからの避難者の合流が予想される**等、避難上不利な条件の地下街について事例に近い形で作成したモデルで検証する。



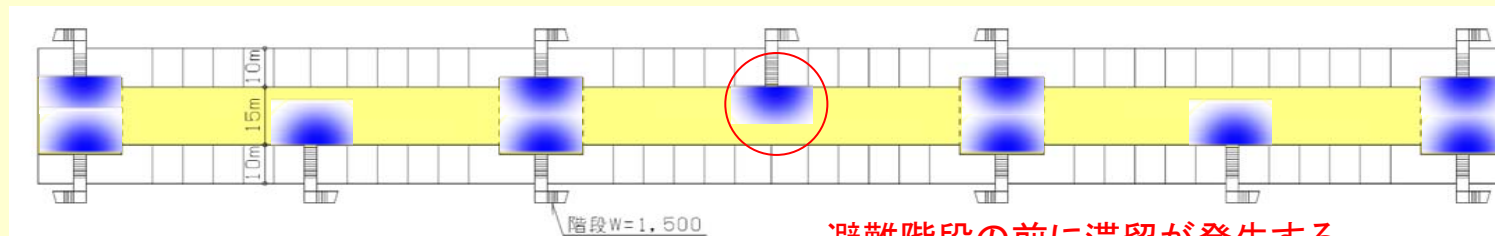
## ■ シミュレーション評価の指標

- 地下街に滞在するすべての人が避難完了するのに要する時間と避難者の階段などでの滞留状況を評価の指標とする。

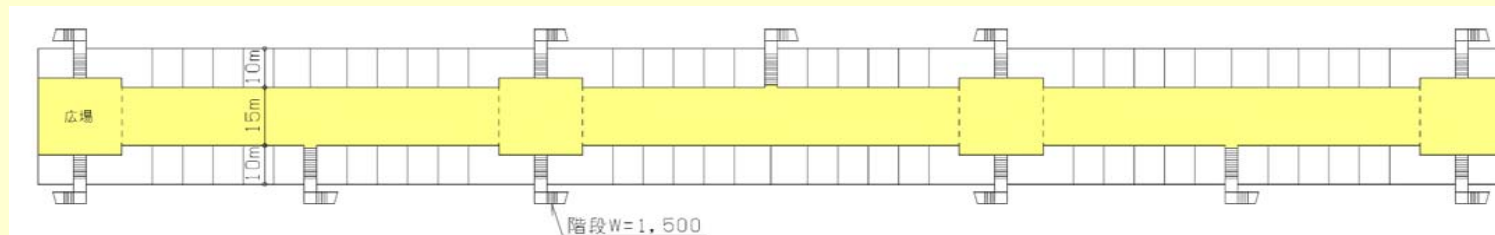
避難開始



$T_{\text{escape}}$   
避難完了時間



避難完了



## ■シミュレーションのツール

- 避難安全検証法における計算や、新・建築防災計画指針に定める避難計算法などを基本に、避難シミュレーションを実施する。

室用途別の人員密度，歩行速度（告示1441号，1442号）

	室の種類		人員密度 (人/m <sup>2</sup> )	歩行速度 (m/分)
(四)	百貨店，物販店舗等	家具，書籍売場等	0.5	60
		その他		
	飲食店，飲食室等	簡易な食堂	0.7	
		その他の飲食室		

通路部分の人員密度(実測値あるいは想定値)

	通路部分		0.1~0.3	60
	階段部分		—	27

## ■シミュレーションの出力イメージ

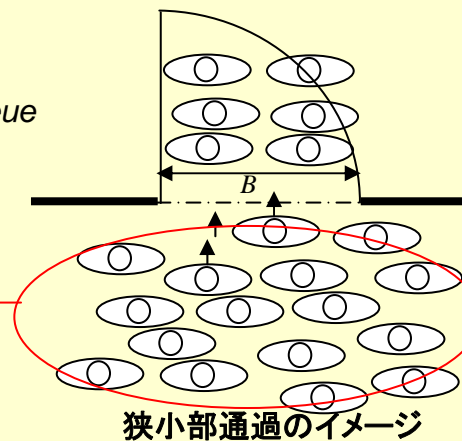
### • 避難時間の算出

避難完了時間は以下の3つの時間をベース計算する。

- ①避難開始時間  $t_{start}$  災害が発生してから、在館者が避難を開始するまでの時間  
室の面積や見通しのよさによって違ってくる
- ②歩行時間  $t_{travel}$  避難に要する歩行時間 歩行距離／歩行速度
- ③通過時間  $t_{queue}$  扉や階段等避難経路上の狭小部を通過する時間  
通過人数／幅員・流動係数

簡略計算としては避難完了時間  $t_{escape} = t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$

狭小部手前に滞留  
が発生する

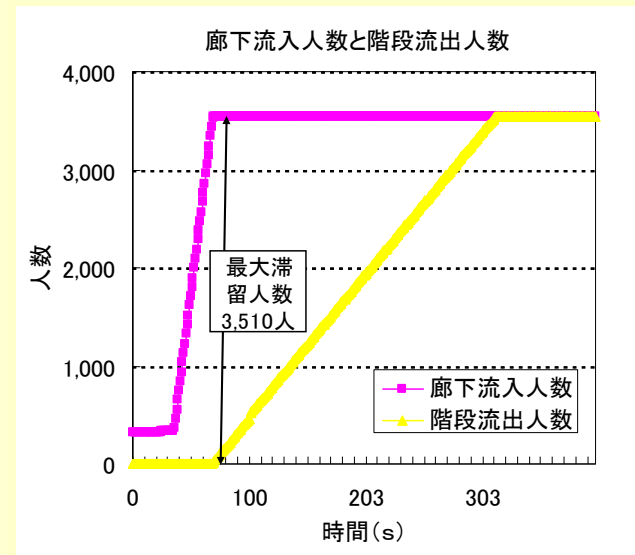


## ■ シミュレーションの出力イメージ

### ・ 滞留人数の算出

#### ■ 計算例(線形パターン, 5省庁通達以前)

階		店鋪1	その他店鋪	通路
居室 避難 評価	室名			
	面積	Ar (m <sup>2</sup> )	80.0	6,320.0
	居室人口密度	pr (人/m <sup>2</sup> )	0.7	0.5
	避難対象人数	Pr (人) = Ar × pr	56	3,160
	出口扉幅の合計	Σ W (m)	0.80	63.20
	避難扉幅の合計	Σ We (m) = Σ W - Wmax	0.80	63.20
	出口通過時間	tqr (s) = P / (1.5 × Σ We)	46.67	33.33
	歩行距離	Lr (m)	17.0	17.0
	歩行速度	v (m/s)	1.0	1.0
	歩行時間	trt (s) = Lr / v	17	17
	避難時間	Tr (s) = MAX (tqr, trt)	46.67	33.33
	許容避難時間	aTr (s) = 2√ Ar	17.9	159.0
	評価	Tr < aTr	NG	OK
	避難開始時間	Ts (s) = 2√ Ar · 4√ Ar	17.9	35.8
避難終了時間	Te (s) = Ts + Tr	64.6	69.1	
階 避難 評価	階段名	階段		
	面積	Af (m <sup>2</sup> ) = Σ Ar	9,600	
	避難対象人数	Pf (人) = Σ Pr	3,536	
	階段扉幅	Wf (m)	9.60	
	階段扉通過時間	tqf (s) = Pf / (1.5 × Σ Wf)	245.56	
	歩行距離	Lf (m)	50.0	
	歩行時間	tft (s) = Lf / v	50.00	
	避難時間	Tf (s) = MAX (tqr, tft)	246	
	許容避難時間	aTf (s) = 8√ Af	784	
	評価	Tf < aTf	OK	
	避難開始時間	Ts (s) = 2√ Ar	67.89	
避難終了時間	Te (s) = Ts + Tf	313		



シミュレーション  
出力のイメージ

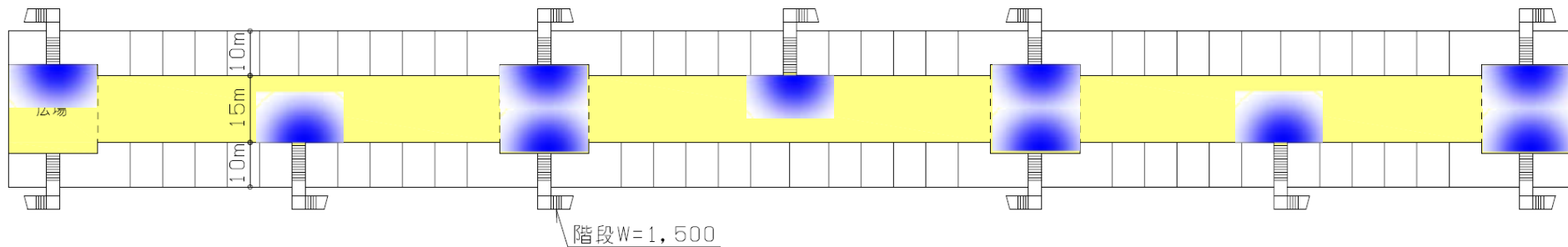


## ■ パニック時のシミュレーションの方法

- ・ 避難口への避難者のかたよった集中などで、パニックが発生しやすくなるかをシミュレーションで検討する。
- ・ パニックを想定しない場合、ほぼ均等な間隔で階段のある地下街では、避難者が最も近い場所の避難口を使用し、それぞれの出口への避難者の配分は、概ね同じになる。
  - ・ 落下物による**避難階段の閉塞**や、避難出口や避難扉の配置が均等でなく偏りがある場合、**それぞれの階段を利用する避難者に偏り**が生じ、避難完了時間が長くなり、将棋倒しや転倒などが起こってパニックの発生の原因となる。
  - ・ そうした状況が起こらないかシミュレーションで検証する。

## ■ パニック時のシミュレーションの方法

○通常の避難計算 すべての階段に均等の避難者数が避難



○パニックにつながる避難状況 階段当たりの避難者に偏りが生じる

