

鉄道駅の防災的空間特性に関する研究

A study of space for the disaster prevention in station

北海学園大学大学院工学研究科 ○学生員 竹澤晋一 (Shinichi Takezawa)
 北海学園大学工学部土木工学科 学生員 植木基晴 (Ueki Motoharu)
 北海学園大学工学部土木工学科 正員 上浦正樹 (Kamiura Masaki)
 北海道旅客鉄道(株) フェロー 日井幸彦 (Usui Yukihiro)

1. はじめに

1.1 研究の背景

鉄道駅は都市や地域間の移動輸送の拠点となることから地域と密接な関係がある。そのことから、1つの見方として鉄道を介して駅に利用者が集積し必然的に駅周辺に市街地が形成されていくと考えることができる。このような流れを経て、都市においては駅機能の拡大により商業施設やその他の施設を併せ持つ複合施設型の鉄道駅が建設される傾向にある。

一方、日常で何気なく利用している都市や地域における駅の駅前広場やコンコース等の滞留スペースは、災害時において避難場所や通路として重要な一拠点となり得る。そして、このことから駅の複合化に加えて災害時における避難行動を考慮した明解な動線計画やサイン計画、アナウンス等の対策は不可欠な問題である。

しかし、駅にこういった商業施設等が建設されることで、駅敷地内にさまざまな利用者が訪れることは喜ばしいことではあるが、そのために駅が本来持つ機能を利用するための歩行動線が阻害されている可能性が考えられる。例えば、駅施設利用のための歩行者動線と、商業施設利用のための歩行者動線の交差は避けることのできない問題であり、どう対処するべきか検討が望まれるところである。複合型の駅が建設され、駅の多目的化が時代の流れとしても、駅が本来持つ機能の利用が確保され、また、防災的な役割が保たれる必要があると思われる。

1.2 研究の目的

本研究は、最も利用者の多い札幌駅西コンコースを事例として現状を把握するとともに、災害時における歩行者の流れを実際の歩行量から想定し、駅の防災的空間について検討する。

2. 既往研究と用語の定義

2.1 既往研究

交錯流動に関する研究としては中ら¹⁾の研究がある。この研究は鉄道駅の旅客流動空間における通勤旅客を対象としたもので、交差流動の構造と性状を実測調査に基づいて解明している。また、交錯する流動をとりあつかうシミュレーションモデルの開発も行っている。研究の成果として交差点内に同時に存在している同種族の流動グループの移動速度には、通常差がないことが成果とされており、交差点内の密度は1.5人/㎡程度までは平常時に自然に形成されることがわかっている。

2.2 用語の定義

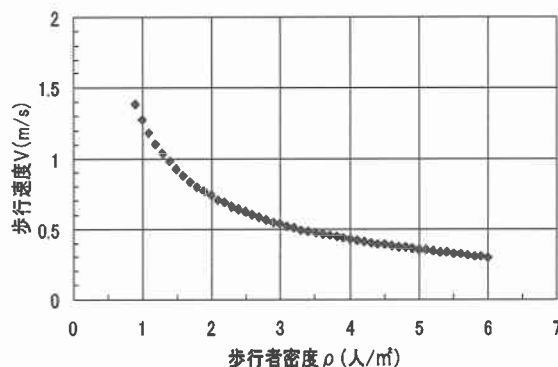
本研究では、いくつかの用語を用いて説明する。その定義を以下に示す。

密度： 通路の単位面積あたりに存在する歩行者数 (人/㎡)

平均密度： 単位幅の断面に存在する人数を、時間・単位面積あたりに換算した歩行者数 (人/㎡)。

最大密度： 歩行者断面の最大累積人数から得られる、単位面積についての最大歩行密度を計算式から示す密度 (人/㎡)。

流率(流動数)： 流れの方向に垂直な断面を単位時間あたりに通過する人数。一様の密度 ρ をもつ流れが一定の流速 v で流れる定常流とみなせる断面においては、そこの流率を f とすると、式(1)が成り立つ。



木村幸一郎・伊原貞夫 $V = 1.272\rho^{-0.7954}$

図-1 群集密度と歩行密度の関係

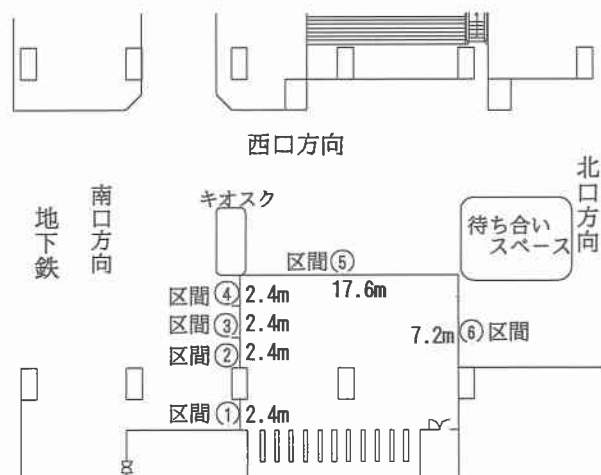


図-2 札幌駅西コンコース調査区間

$$\text{式 } f = \rho \cdot v \quad (1)$$

3. 研究の概要と前提条件

3. 1 研究の概要

本研究は都市の一拠点である鉄道駅に注目し、その防災的空間を4つのケースを想定して検討することとした。調査は札幌駅西コンコースを対象として、ピーク時間(8～9時)についての歩行量調査を実施し、調査の結果から札幌駅の乗降者数の把握と駅の空間特性の関係を歩行者の速度と密度を用い明らかにすることとした。各ケースの推定の際には、最も利用者数の多いピーク時の中で、2分間歩行量で最も多い(ピーク)4個所に注目し、災害時の流動を想定して研究を進めることとした。また、本研究では、歩行者速度と歩行者密度の関係を、既往の式を用い通常時や混雑時、または災害時等の範囲を設定して用いることとした(図-1)。

研究の手順を以下に示す。

- ① 調査区間内の利用者流動調査による、札幌駅構内歩行量の推定と解析。
 - ② 調査区間内の災害時における流動についての検討。
- ①では調査区間を6箇所選定し、ピーク時間における札幌駅利用の現状について考察する。②では、調査区間中最も歩行量の多い①～④区間について、災害時を想定した4ケースについて歩行空間の検討を行う。

3. 2 旅客流動の特徴

既往の研究¹⁾では、交差点に同時に存在している同種族の流動グループの移動速度に、通常差がないことが成果とされており、交差点内の密度は1.5人/㎡程度までは平常時に自然に形成されることが明らかになっている。以上を前提条件に研究を進めることとした。

4. 札幌駅構内歩行量の推定と解析

本研究では、札幌駅の利用状況の把握を距離時間法⁽¹⁾を用い調査する。また、調査区間である西コンコースの特徴は、南口、北口方面へと直線で通じており、屋外へ出る際には階段などの障害となる要素は少ない。西方面への屋外へ出る際は、段数は少ないが階段が存在する。

4. 1 札幌駅西コンコースの歩行量調査

札幌駅西コンコース改札口前で平成12年11月7日(金)8:00～9:00間のピーク時で、調査区間の流入と流出についての歩行量調査を行った。

4. 2. 1 札幌駅西コンコース歩行量の現状

本研究の調査区間を図-2に示す。調査は、区間①～区間⑥の通過人数を測定するためにピーク時である8～9時の流入と流出を30秒毎で記録した。

調査区間歩行量の現状として、区間①～④の合計で11,912人、区間⑤で2,155人、区間⑥で3,474人となり合計では17,641人となった。さらに南方面、西方面、北方面への通過人数の比率は68:12:20となり、西コンコースでは南方面への歩行動線が多いことがわかる。なお、歩行量調査の整合性を確認するために、平成4年に実施された歩行量調査と過去9年間の営業成績(JR北海道提供)をもとに推定利用者を求め、相互の比較を行ったところ、誤差が4.76%という高い整合性を得ることができた。

4. 2. 2 歩行者集中区間

本研究は、札幌駅で最も歩行量の多い西コンコースで南方面の流動を解析するために、①～④区間に区切ることで断面に分布を持たせ、流出歩行量について検討する。1時間で最も流動数の多い時間帯を定め、その個所について研究を進めていく。本研究では、最も歩行者の流動

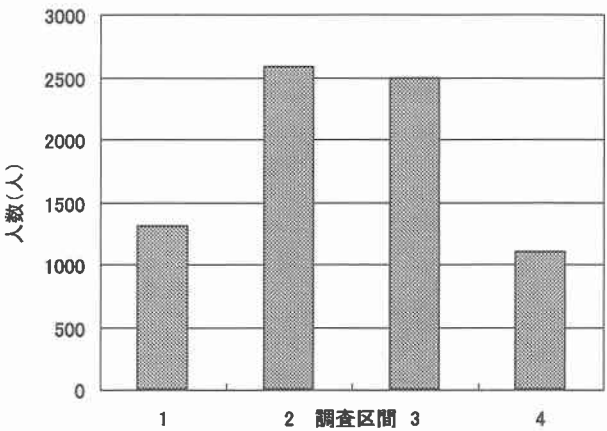


図-3 30分間累積歩行量

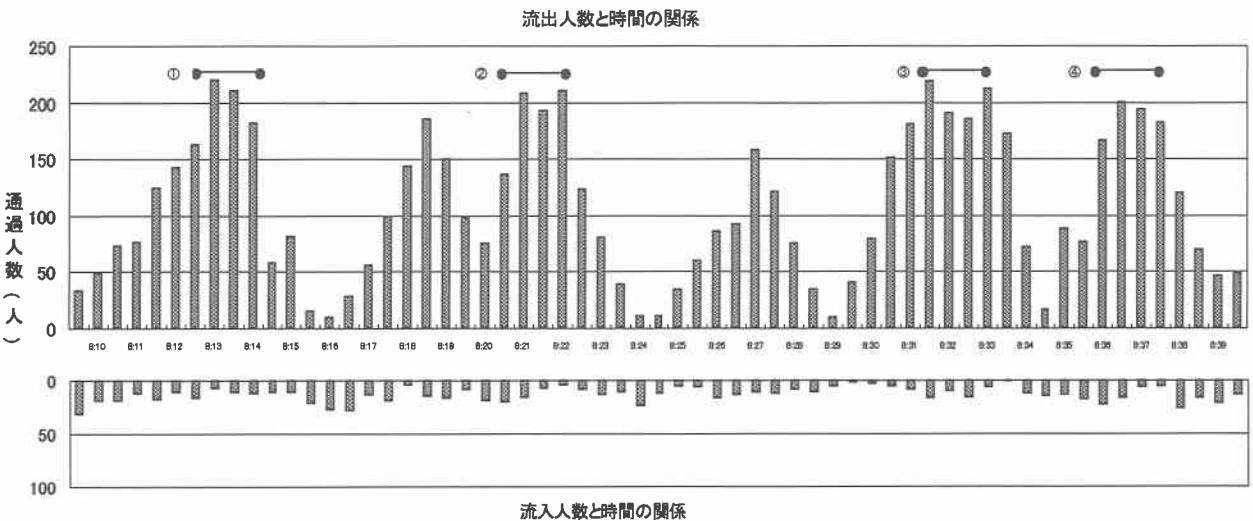


図-4 流出・流入人数と時間の関係

表－１ 札幌駅西コンコースの歩行状況（現状）

ケースNo	平均密度（人／m ² ）		平均速度（m／s）		流動数（人／m・s）		総流動数	観測時刻
	流出	流入	流出	流入	流出	流入		
ケース①	0.76	0.08	0.86	0.62	0.66	0.13	0.79	8:12.00～8:14.00
ケース②	0.76	0.08	0.82	0.49	0.62	0.17	0.79	8:20.00～8:22.00
ケース③	0.76	0.08	0.88	0.52	0.67	0.16	0.83	8:31.00～8:33.00
ケース④	0.69	0.09	0.84	0.57	0.58	0.16	0.74	8:35.30～8:37.30

ケースNo	最大密度（人／m ² ）		平均速度（m／s）		最大流動数（人／m・s）		最大総流動数	観測時刻
	流出	流入	流出	流入	流出	流入		
ケース①	1.07	0.18	0.86	0.62	0.92	0.11	1.04	8:12.30～8:13.00
ケース②	1.63	0.11	0.82	0.49	1.34	0.06	1.40	8:21.30～8:22.00
ケース③	1.20	0.53	0.88	0.52	1.06	0.28	1.34	8:31.00～8:31.30
ケース④	1.10	0.34	0.84	0.57	0.92	0.20	1.12	8:36.00～8:36.30

が集中した時間帯である8:09～8:39間の30分間に注目し研究を進めることとした（図－3）。また、札幌駅西コンコースの解析を行う30分間の流動状況を図－4に示す。図からわかるように各周期のピークがほぼ一定間隔、約5分～10分間周期で歩行群の波がくることが確認される。以上の理由から、各調査時間で最も通行量の多い時間帯を2分間で4区間を選定し分析することとした。このとき30分の（8～9時）平均密度と各4ケースの（①～④）最大密度との算定結果を表－1に示す。また、最大密度の算定にあたっては、調査区間断面の累積歩行量から回帰曲線を求める。そして、単位面積当たりが最大の区間を積分により求め、流動数を算出した。

その結果、最も利用される南方面の断面約11m（区間①～④）の平均密度は、約0.75人/m²前後あることがわかる。また、各断面①～④で最も集中する単位面積当たりの最大密度は1.0～1.65人/m²前後であり、既往の式によると速度と密度の関係が範囲内に含まれることから、日常の利用に充分に対応できる空間であると考えられる。

5. 災害時における歩行状況

人々に頻繁に用いられる施設や公共建築物の災害時の流動予測は、必要不可欠である。しかし、災害時の状況を実際に調査することはほぼ不可能であり、災害の規模により条件が異なることから困難である。そこで、本研究では札幌駅の実際の歩行量について考慮することで、災害時の流動と類似した流動条件を設定する。以上により災害対策の目安としての提案を試みる。

5.1 災害状況の設定

条件の設定としては、何らかの災害のために、各列車が複合して到着する等により、歩行状況が極めて過密な状態で、南方面の歩行を強いられた場合の歩行流について検討する。その際に、2分間歩行量を用い各ケースを想定する。各ケースを以下に示す。また、各ケースでの各区間の歩行量を表－2に示す。

- ・ケース1（①だけの歩行流）
- ・ケース2（①＋②累積の歩行流）
- ・ケース3（①＋②＋③累積の歩行流）
- ・ケース4（①＋②＋③＋④累積の歩行流）

5.2 災害時の歩行量算定

各ケースについての2分間歩行量から最大密度、速度

の関係を導く。そのために、各ケースの回帰曲線から単位面積当たりの最大流動数を求め、歩行者速度と密度の関係を調べた。そこで、歩行者速度の条件を以下のように設定する²⁾。

- ・群集歩行速度を0.5～0.75m/s
- ・通常歩行速度を1～2m/s
- ・走行速度3～4m/s

以上を用いて、各状況における調査区間の密度について検討を行うこととする（表－3）。

5.3 各ケースにみる歩行状況

各ケースに見る歩行状況を図－5に示す。

ケース①：現在の札幌駅の歩行量であるケース1においては、最もピークな時間（分）の流動状況に対して流動数が0.865（人/m・s）であり、各速度を考慮した結果に対し十分に現在の歩行量を対処できる空間であるといえる。

ケース②：以下は、災害時のケースを想定した結果である。通常の2倍の歩行量のケースであるケース2においては流動数が1.802（人/m・s）であり、各速度を考慮すると最も速度の遅い場合で3.604人/m²となり図－1の曲線と類似することがわかる。

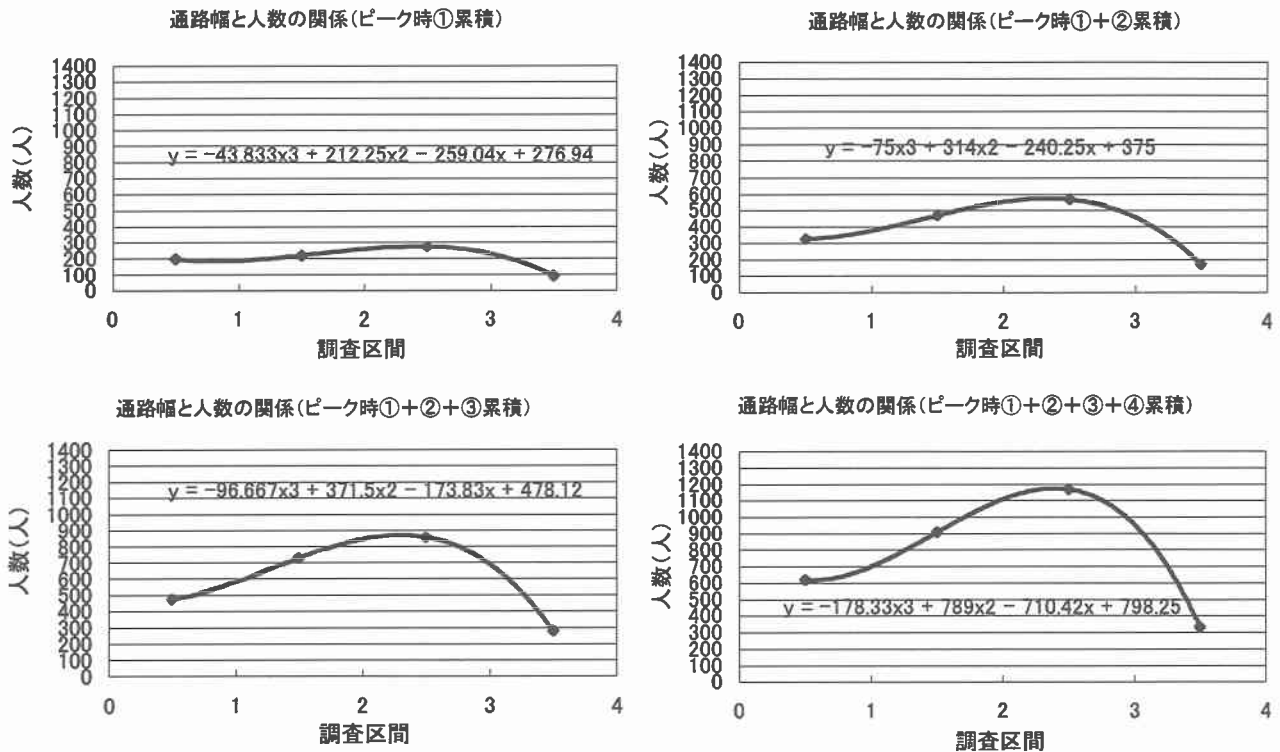
表－2 各ピークと各区間の関係

流 出 （ 人 ）						
	時 刻	区間1	区間2	区間3	区間4	合計
ケース 1	8:13	107	145	99	32	383
	8:14	88	73	172	59	392
	合計	195	218	271	91	775
	①	195	218	271	91	775
ケース 2	8:21	69	142	106	27	344
	8:22	60	108	188	47	403
	合計	129	250	294	74	747
	①+②	324	468	565	165	1522
ケース 3	8:32	74	123	165	48	410
	8:33	74	136	125	63	398
	合計	148	259	290	111	808
	①+②+③	472	727	855	276	2330
ケース 4	8:37	69	113	178	35	395
	8:38	77	66	134	20	297
	合計	146	179	312	55	692
	①+②+③+④	618	906	1167	331	3022

表－3 累積歩行流出人数（速度と密度の関係）

		累 積 流 出 人 数 (人)						
解 析 区 間		$\rho \cdot V$ (人・m・s)	平 均 値 (m)	σ (m)	尖 度	歪 度		
ケース1 ①		0.86	5.10	6.20	1.60	-0.94		
ケース2 ① + ②		1.80	5.22	5.64	-1.33	-0.41		
ケース3 ① + ② + ③		2.74	5.28	5.65	-2.45	-0.26		
ケース4 ① + ② + ③ + ④		3.72	5.28	5.58	-1.34	-0.09		

$\rho \times V$ (人・m・s)		V=0.5	V=0.75	V=1.0	V=1.25	V=1.5	V=2.0	V=3.0	V=4.0	
ケース1	0.86	ρ (人／m ²)	1.73	1.15	0.86	0.69	0.58	0.43	0.29	0.22
ケース2	1.80		3.60	2.40	1.80	1.44	1.20	0.90	0.60	0.45
ケース3	2.74		5.49	3.66	2.74	2.19	1.83	1.37	0.91	0.69
ケース4	3.72		7.44	4.96	3.72	2.98	2.48	1.86	1.24	0.93



図－5 累積歩行量による通路幅と人数の関係

ケース③、ケース④：ケース3、ケース4の歩行量が考えられる場合においては、かなりの圧迫状況であり、速い歩行の際においても2人/m²以上の密度を有することから、かなり困難な歩行状況といえる。このケースについて考慮すると、幅員の拡大が要求されると考えられる。

6. 結論

以上の結果から、現在の札幌駅西コンコース南方面通路幅である11mについて最大通過人数を用い算定した。そこでは、滞留を誘発する要素と考えられる階段や、出入口にはコンコースから十分に離れた距離があり、ケース1、ケース2にいたっては、現状の空間で十分対応が可能であると考えられる。

しかし、災害時の想定の中でも条件の厳しいケース3、ケース4にいたっては、歩行密度が過密となり、かなり混雑した流動が予想される。また、この条件に関して述

べれば、現在コンコース中央付近に設置されているキオスクや滞留施設等は歩行の妨げになることが考えられる。
補注)

(1)測定する時間帯に視野を通過する全歩行者あるいは標本歩行者についての位置の時間変化から測定する方法。

参考文献)

- 1) 日本建築学会編 安全 建築設計資料集成 技術10
- 2) 中 祐一郎 鉄道駅における旅客の交錯流動に関する研究 鉄道技術研究報告 No.1079 1978.3