

IV-16

歩行の認識範囲を考慮した歩行速度と密度の関係について

北海学園大学 室柿栄輔

1. はじめに

北方圏の諸都市における冬季の都市環境の悪化は、積雪寒冷による交通の障害に端的にあらわれる。ここで北方圏都市とは、最寒月の月平均気温が 0°C 以下の都市を対象とすることが北方都市会議において一応の基準とされており、本研究でもこれらの諸都市を想定している。これらの都市では、数カ月以内に相当の費用を費やし道路交通の確保を行う。

自動車交通の交通量、速度、密度との関係、それに基づく必要なサービス水準確保のための道路設計基準は、道路構造令に示されているように、既に実務レベルで多くの蓄積を持っている。従って道路の幾何構造設計にあたっては、堆雪のための余裕幅等を考慮することにより、積雪条件下での交通サービスを維持することができる。一方歩行者の交通はその自由度が高い反面、自然条件の影響を直接受けることにより、冬季の歩行条件はより悪化する。この歩行者の交通挙動については、歩行速度と密度の関係等は交通目的別によく知られているが、圧雪、凍結等路面状態の変化によるこれらの関係は不明な点が多い。このような歩行者交通について、本研究では、従来扱われなかった路面状態を考慮した速度と密度の関係を、さらに他の要因を加え明らかにした。

ここで歩行者交通の施設対策は、例えば歩道の設計基準に示されているように、物理的な最低歩行必要幅等がその目安となっているに過ぎない。またサービス水準については、HCM(Highway Capacity Manual)でその基準が示されているが、単に歩道上の歩行者密度の大小による5段階評価であり、密度の著しく高い歩道の幅員改善の指標には

なるが、通常の歩行者量の歩道の評価には適していない。このような歩行者交通の研究は、密度と速度の関係を中心に地下街と地上等詳しく調査分析されているが、積雪寒冷地の路面状況を考慮した調査の事例は少ない。筆者は数年にわたり圧雪及び半凍結路面における歩行者の速度と密度の関係について調査を行っており、この関係を単回帰分析を用いて分析している。今回はさらに次の2点について調査分析を行った結果を示す。

(1)複数、単独別の歩行による歩行速度の変化の程度について

歩行密度の増加と速度の低下には明かな相関関係があることは分かっているが、速度に与える他の要因では「連れ」の人数も大きな影響を与えられと思われる。この「連れ」の人数と歩行速度の関係をここで新たに示した。「連れ」の人数とはグループ歩行状態での一団で歩いている人数であり、一般に単独で歩いている速度よりは遅くなる傾向がある。この影響の度合いと路面凍結による歩行速度低下の程度とを比較することにより、これらの要因が速度に与える影響の程度を比較できる。

(2)歩行において意識される空間の範囲について

歩行者が速度を決めるために意識する「範囲」の調査である。速度と密度に相関関係を仮定する場合、歩行者はある範囲の中で混雑の程度を意識し、速度を決めることになる。例えば歩行者は50m先の歩道の混み具合を意識して自分の速度を決めることはないであろうし、少なくとも1m以上の先を意識して歩くであろう。この範囲を知ることは、歩道の連続的な施設環境整備を行う上でたいへん有用なことである。意識されるであろう範囲は5m, 10m, 15mの3段階を想定し、各々を交通目的別、

季節別に評価した。この評価指標には相関係数及びF値によった。この結果歩行者の意識範囲は自身の前後5m、およそ10mであることが分かった。

り返しにより歩行者個人単位に行った。従って通過した一人の個人について「速度」と「密度」の一对データが得られる。この様子を図-2に示す。

2. 調査の方法と概要

図-1に本研究で設定した、積雪寒冷条件を考慮した歩行者交通特性を構成する要因とが「リ」の関係を示す。

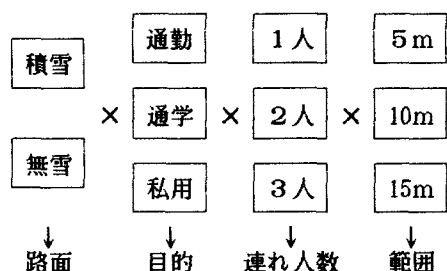


図-1 歩行速度の影響要因

(1)「路面」の条件—積雪・無積雪の別及びその程度を表す。今回調査した冬季における路面状態は、「圧雪・半凍結」及び「ロート・ヒートンク」状態の2通りである。路面状態には他に凍結、湿潤、シヤット等もあるが、ここでは代表的な以上の2つについて行った。

(2)目的—交通の目的は①通勤業務、②通学及び③私用買物娯楽の3つに分類した。ここでは観察対象個々人の交通目的が不明なため、調査時間帯及び場所によりおおよその交通目的に限定することとした。観測者の判断では、他の交通目的の混在は多くとも10%程度と思われる。

(3)連れの人数—回帰に用いるデータは1人(単独)、2人等の人数である。今回の調査では、「連れ」の人数の最大値は7人であった。団体であるか否かは観察時の判断による。なお同一グループの交通速度は皆同じとした。従って縦軸に歩行速度(m/分)、横軸に歩行密度(人/m²)をとった回帰の散布図には同一の点として示される。

(4)範囲—歩行速度と密度の関係を求めるとき、これらを算出する空間の範囲が問題となる。ここでは5m、10m、15mの3つについて速度と密度のデータを作成した。データ作成の要領は以下に示す。

データ作成は現地調査のビデオ録画による再生の繰

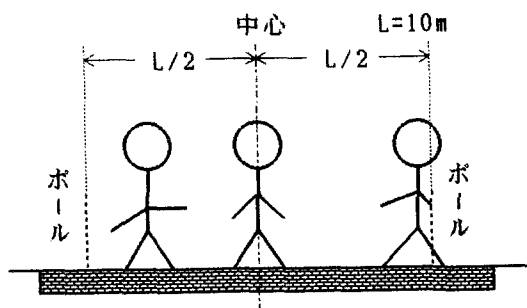


図-2 調査の方法

「速度」はある個人が移動した、区間10m(または5m、15m)内の平均速度である。単位はm/分である。この値は、対象者が2本のポール間を通過するのに要した時間を1/100秒単位で計測し求めた。また密度は対象者が中心基準線を通過した際、その前後5m(区間10mの場合)内に存在した人数により求めた。いずれもビデオ録画の再生を繰り返すことによりデータの作成を行った。この時発生する種々の測定誤差は統計的に処理できるものと考えた。

交通目的に対応する3箇所で行った調査の概要を表-1に示す。

表-1 調査概要(夏期/冬期)

項目	高校通学路	道庁通勤路	都心商業地
目的	通学	通勤	私用
サンプル数	498/ 598	1175/ 481	344/ 224
歩道幅 (m)	2.7m/ 2.7m	4.2m/ 4.2m	3.7m/ 3.7m
気温 (℃)	2.0/ -3.6	0.7/ -3.6	-2.2/ -10.1

調査日時は場所により異なるが、昭和63年12月～平成元年2月の間である。

3. 歩行速度に与える連れの人数の影響

表-2～4に歩行速度を外的基準、密度と連れの人

数を説明変数とする重回帰分析の結果を示す。ここで表-2は通学目的、表-3は通勤目的、表-4は私用目的の場合である。表中上段の数値は夏季の $\bar{y}$ - $\bar{x}$ 、下段の数値は冬季の $\bar{y}$ - $\bar{x}$ より求められた回帰分析の結果である。「区間」は先に説明した意識の範囲で5m, 10m, 15mの3区分である。回帰方程式を式-1に示す。

$$y = \alpha + \beta x_1 + \gamma x_2 + \varepsilon \quad \text{式-1}$$

ここで y : 速度(m/分)

x_1 : 密度(人/m²)

x_2 : 連れの人数(人)

α β γ : 回帰係数

ε : 誤差

α は定数項、 β は密度に関する回帰係数、 γ は連れの人数に関する回帰係数である。この2つの説明変数の速度に与える影響の程度は、表中の偏相関係数で示される。

(1) 回帰の説明力について

回帰の説明力は表中「相関比」と「F値」により示される。分散分析の結果、F値に基づくF検定では冬季の通学目的を除き、回帰方程式は全て危険率1%で有意であることが分かった。従ってこの2つの説明変数を用いて歩行速度を回帰することは意味のあることである。

交通目的別に比較した場合、相関比及びF値の値から通勤目的の回帰方程式の説明力が高いことが分かる。この場合、冬期と夏期の両期、また区間

表-2 通学(路面-圧雪・凍結) 夏期/冬期

区間	偏回帰係数			偏相関係数		相関比	F値	歩道幅 (m)
	α	β	γ	密度	連れ数			
5m	94.84	-2.65	-9.73	-0.181	-0.183	0.316	27.73	2.7/ 2.7
	80.17	-0.68	-0.96	-0.019	-0.085	0.101	3.08	
10m	93.31	-11.67	-3.12	-0.228	-0.236	0.368	48.02	
	79.63	-1.30	-0.96	-0.042	-0.107	0.131	5.18	
15m	88.73	-18.16	-0.88	-0.299	-0.145	0.336	31.59	
	77.37	-0.89	-0.45	-0.030	-0.057	0.074	1.62	

表-3 通勤(路面-圧雪・凍結) 夏期/冬期

区間	偏回帰係数			偏相関係数		相関比	F値	歩道幅 (m)
	α	β	γ	密度	連れ数			
5m	92.62	-26.60	-0.13	-0.349	0.012	0.397	109.6	4.2/ 4.2
	88.32	-24.22	-1.06	-0.309	-0.084	0.355	34.4	
10m	93.56	-23.88	-0.39	-0.325	-0.046	0.394	107.7	
	90.88	-36.31	-0.54	-0.395	-0.048	0.443	58.3	
15m	93.16	-28.61	-0.24	-0.395	-0.029	0.458	155.9	
	90.66	-45.36	-0.22	-0.433	-0.020	0.470	67.6	

表-4 私用(路面-ロードヒーティング) 夏期/冬期

区間	偏回帰係数			偏相関係数		相関比	F値	歩道幅 (m)
	α	β	γ	密度	連れ数			
5m	79.11	-11.87	-1.96	-0.089	-0.124	0.180	5.73	3.7/ 3.7
	95.86	-33.36	-6.60	-0.174	-0.195	0.237	14.14	
10m	80.07	-3.03	-3.60	-0.019	-0.246	0.268	13.23	
	99.78	-39.81	-7.35	-0.132	-0.212	0.307	11.52	
15m	78.68	-6.43	-3.10	-0.037	-0.216	0.268	10.18	
	99.19	-44.20	-7.66	-0.124	-0.224	0.303	11.18	

の範囲を問わず、回帰モデルの説明力が高い。このことは通勤目的交通が、他の誤差の少ない安定した交通流であることを示している。これに対し私用目的では冬期の説明力が強いが、通学はその逆である。通学目的の冬季の回帰説明力の低下は、路面状態により強い影響を受けた結果と思われる。私用目的では10m、15mでの区間の違いで回帰の説明力に大きな差はみられず、安定した結果となった。これはこの交通目的が歩行者個人の意志または属性によりある程度広い空間の中で速度が決められていることを示している。

(2) 偏回帰係数について

密度と連れの人数各々の速度に与える影響の強さは偏相関係数で示される。これは交通目的別に大きく異なる結果となった。

通学では2つの説明変数の説明力がほぼ同程度の大きさであるのに対し、通勤では連れの人数はごく小さな値であり速度に与える影響がごく小さい。この傾向は季節間で同様である。また私用の場合、夏期の密度の影響が小さいことが分かる。

区間の違いでは、交通目的別にも規則的な変化はみられない。私用目的では「連れ」の人数の偏相関係数の値は密度のそれよりも3つの区間共に常に大きい。通勤目的ではこの逆である。交通目的、季節の違いによる回帰の説明力及び2つの説明変数の説明力の不規則さは、通学目的が大きく不安定な結果となった。

4. 歩行者の意識範囲

歩道の施設整備では、その連続性の確保が課題である。例えば市街地における歩道には、看板、路上設置物等多くの障害物がある。また冬期の「ノットヒール」等の短い区間で不連続、堆雪スペースとしての利用も点在する。歩行者交通の自由度の高さが、連続性確保の基準を不明確にしている点もあり、この基準が何らかの形で必要である。このことは自動車を対象とした道路の設計基準と比較すると分かりやすい。

ここで歩行者がその速度を決定する際の区間を、速度と密度との関係、速度と連れの人数との関係の2つについて評価した。

(1) 速度と密度の関係

歩行者の意識範囲について表-5～7に速度と密度の回帰分析の結果を示す。この回帰モデルを式-2に示す。

$$y = \alpha + \beta x_1 + \varepsilon \quad \text{式-2}$$

ここで y :速度(m/分)

x_1 :密度(人/m²)

α, β :回帰係数

ε :誤差

通勤では区間範囲15mの場合F値が大きく、密度と速度がある程度大きな区間で相関の高いことが示された。従って交通流としてはある程度長い区間にわたって均一な状態の続いている交通とみなされる。これはこの交通目的が属性の均一な人によってなされることにより、短い区間での個人単位での誤差が、長い区間では相対的に小さくなることによる。しかしこれは歩行者の意識区間の範囲が長い区間であることを意味するものではない。この傾向は夏季の通学の場合にもみられる。私用の場合はこれが逆であり、5mの短い区間でF値の値が大きく、歩行速度がごく狭い範囲で決められていることが分かる。この傾向は5m、10m、15mの順番で逆転せず、季節の違いでの相違もない。また通学目的の場合、10m区間で両季共に回帰の説明力が高い。

3つの交通目的及び季節の違いを平均的にみると、およそ10mが歩道の連続性確保の基準といえよう。

(2) 速度と連れの人数との関係

歩行の意識範囲について表-8～10に速度と連れの人数の回帰分析の結果を示す。この回帰モデルを式-3に示す。

$$y = \alpha + \beta x_1 + \varepsilon \quad \text{式-3}$$

ここで y :速度(m/分)

x_1 :連れの人数(人)

α, β :回帰係数

ε :誤差

歩行速度を「連れ」の人数で回帰することは通学目的の冬季、区間15mでの結果以外、有意水準1%

で全て統計的には意味のあることが確かめられた。的別にその説明力が確かめられた。

季節間比較では、夏季の方が回帰の説明力が高い (2)歩行速度を外的基準、密度と連れの人数を説明変数としたとき、各々の説明変数の説明力の程度は交通目的別に異なる。特に通勤交通の場合は、連れの人数の説明力が小さい。しかし区間と季節の別を問わず、最も安定したモデルが得られたのは通勤目的であり、この目的が周囲、外界の影響を受けにくい交通であることが分かる。

5. まとめ

この研究の調査分析により確かめられたことを以下に示す。

- (1)歩行速度を説明する要因として、密度、連れの人数は有用であり、路面状態といくつかの交通目

(3)連れの人数の大小が交通速度に与える影響の程度は、密度同様に大きい。特に私用目的では密度以上に回帰の説明力が大きく、このような目的がなされる場所では、群状態の歩行を考慮した歩行モデルが考慮されなければならない。

(4)3つの交通目的と両期を考慮した3種類の回帰

表-5 歩行速度と密度 通学 (路面-圧雪・凍結) 夏期/冬期

区 間	α	β	密度 (人/㎡)		サンプル数	F 値(全1%有意)	往復比率
			最小値	最大値			
5m	91.11	-13.54	0.100	1.000	500	37.08	8:2/ 8:2
	78.88	- 1.81	0.100	1.000	598	1.81	
10m	88.31	-14.99	0.050	0.900	499	46.02	
	78.20	- 2.29	0.050	0.850	598	3.46	
15m	87.13	-18.82	0.033	0.667	499	51.60	
	76.68	- 1.34	0.033	0.800	598	1.28	

表-6 歩行速度と密度 通勤 (路面-圧雪・凍結) 夏期/冬期

区 間	α	β	密度 (人/㎡)		サンプル数	F 値(全1%有意)	往復比率
			最小値	最大値			
5m	92.78	-26.13	0.050	1.000	1176	219.25	10:0/ 10:0
	87.17	-27.19	0.050	0.650	481	65.37	
10m	93.12	-25.49	0.025	0.700	1176	212.73	
	90.28	-37.94	0.025	0.500	481	115.50	
15m	92.89	-29.59	0.017	0.633	1176	310.84	
	90.43	-46.09	0.017	0.483	481	135.25	

表-7 歩行速度と密度 私用 (路面-圧雪・凍結) 夏期/冬期

区 間	α	β	密度 (人/㎡)		サンプル数	F 値(全1%有意)	往復比率
			最小値	最大値			
5m	76.68	-16.98	0.067	0.467	344	8.70	1:1/ 1:1
	87.66	-50.21	0.067	0.600	224	18.90	
10m	75.61	-17.51	0.033	0.367	344	4.30	
	90.30	-65.62	0.033	0.367	224	12.11	
15m	74.47	-17.50	0.022	0.311	344	3.52	
	88.81	-72.92	0.022	0.244	224	10.22	

表-8 連れの人数と速度 通学(路面・圧雪・凍結) 夏期/冬期

区 間	α	β	連れ人数の統計値				F 値(全1%有意)
			最小	最大	平均	標準偏差	
5m	93.06	-3.66	1	4	1.97	0.721	37.44
	80.02	-1.04	1	3	1.87	0.588	5.94
10m	91.01	-3.96	1	4	1.96	0.710	48.02
	79.34	-1.07	1	3	1.89	0.593	9.33
15m	83.70	-1.03	1	-	2.04	-	13.21
	77.16	-0.52	1	3	1.88	0.605	2.73

表-9 連れの人数と速度 通勤(路面・圧雪・凍結) 夏期/冬期

区 間	α	β	連れ人数の統計値				F 値(全1%有意)
			最小	最大	平均	標準偏差	
5m	87.58	-2.02	1	6	2.57	1.200	49.81
	84.73	-2.80	1	5	1.89	0.838	25.04
10m	89.06	-1.91	1	7	2.57	1.221	69.01
	85.37	-2.48	1	4	1.87	0.805	23.67
15m	87.75	-2.01	1	6	2.56	1.193	80.40
	83.67	-2.32	1	4	1.87	0.805	20.44

表-10 連れの人数と速度 私用(路面・ロート・ヒェンク) 夏期/冬期

区 間	α	β	連れ人数の統計値				F 値(全1%有意)
			最小	最大	平均	標準偏差	
5m	77.52	-2.39	-	4	1.76	0.798	8.70
	94.01	-9.23	1	3	1.73	0.621	20.83
10m	79.79	-3.70	1	5	1.83	0.852	26.41
	97.86	-9.14	1	3	1.73	0.621	18.88
15m	78.12	-3.24	1	4	1.83	0.807	19.94
	97.31	-9.13	1	3	1.73	0.621	18.71

モデル作成の結果、歩行者の認識範囲はおよそ10m 工学p41-53 1978年5月
であることが分かった。

なお回帰分析の結果、いくつかのケースで解釈の不明な場合があった。この点同一条件下での繰り返しの調査が必要である。また個人属性、道路条件等を考慮したモデルの作成も必要である。

参考文献

- 1)建設省土木研究所道路部道路研究室 歩行者行動特性および歩道の幅員に関する研究 土木研究資料 昭和57年3月
- 2)吉岡昭雄, 桑原玉樹 歩行者交通と歩行者空間 (I)-歩行者交通量の変動と設計のための交通流量- 交通工学p25-36 1978年4月
- 3)吉岡昭雄, 桑原玉樹 歩行者交通と歩行者空間 (II)-歩行速度・密度・交通量について- 交通

- 4)吉岡昭雄, 桑原玉樹 歩行者交通と歩行者空間 (III)-買物・通勤(駅構内通路)の速度, 密度, 交通量- 交通工学p13-21 1981年3月
- 5)西坂秀博 歩道における路側障害物の歩行者交通流に及ぼす影響について 交通工学p13-20 19

79年7月

- 16)室柿・佐藤・五十嵐 回帰分析による歩行速度と密度の関係の季節間比較について 平成元年土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集 平成元年10月

- 17)室柿・佐藤・五十嵐 生活道路における除雪の必要幅に関する研究 第18回日本道路会議論文集 平成元年10月