

# 歩行軌跡データを用いた Directed Segment Path Distance による歩行の自由度の評価に関する研究

高知工科大学 西条 伶朗  
指導教員 西内 裕晶

## 1. 背景と目的

日本の道路空間は自動車交通を中心に整備されてきた。その結果、歩行者にとって十分な配慮がなされていない道路環境が各地で見られる。内閣府の交通安全白書<sup>1)</sup>によると、令和2年から令和6年までの道路形状別で見た歩行中の交通死亡・重傷事故件数は、約30%が単路で発生している。また、相手当事者別に見ると、事故全体の約90%が自動車を相手としたものである。このような道路環境では、歩行位置や進路選択に制約が生じる可能性があり、歩行の自由度が低下していることが想定される。今後の都市における歩行自由度の高い空間を構成するためには、歩行自由度そのものを評価する手法を検討することが必要である。そこで本研究では、歩行自由度を代表する指標を提案し、それを歩行軌跡データから算出する手法を示す。加えて、単路における自動車交通量の違いが提案する歩行自由度に与える影響を明らかにすることを目的とする。

## 2. 歩行自由度の定義

本研究では、歩行自由度を示す指標として、Directed Segment Path Distance<sup>2)</sup> (以下、DSPD)を用いた(式(1)参照)。DSPDは軌跡間の空間的距離と移動方向の不一致度を統合し、軌跡間の類似度を評価する指標である。その概念図を図1に示す。DSPDの算出にあたっては、算出対象となる範囲を統一するため、道路上に長さ10m、幅は道路幅員に応じた分析区間を設定し、当該範囲内の歩行軌跡を分析対象とした。分析対象となるすべての歩行軌跡を進行方向と車道中央線に対する左右の位置関係の組み合わせで歩行軌跡の分類を行った。その後、分類したすべての歩行軌跡の組み合わせについてDSPDを算出し、DSPDが最も低く、類似性の高い5本の歩行軌跡を基準軌跡とした。さらに、分析対象となる各歩行軌跡について、5本の基準軌跡とのDSPDを算出し、それらの平均値を当該歩行者の歩行自由度として定義した。

$$DSPD(T_1, T_2) = \frac{2}{2 - D_r(T_1, T_2)} \cdot D_s(T_1, T_2) \quad \dots \text{式(1)}$$

$T_1, T_2$  : 軌跡  
 $D_s(T_1, T_2)$  : 軌跡 $T_1$ と $T_2$ の空間的近接度  
 $D_r(T_1, T_2)$  : 軌跡 $T_1$ と $T_2$ の移動方向の不一致度

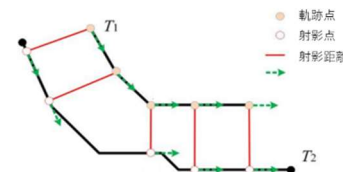


図1 DSPD 概念図



図2 撮影地点

(国土地理院地図より作成)

## 3. 調査概要

歩行自由度を評価するために本研究では、高知県香美市の歩道と車道が物理的に分離されていない対向2車線道路を調査対象とした。撮影した地点を図2に、撮影したビデオデータ概要を表1に示す。これらのビデオデータから、物体検出モデルYOLOv8を用いて歩行者の歩行軌跡データを作成し、歩行自由度を評価する。

## 4. 分析方法

自動車交通量の違いが歩行自由度に与える影響を明らかにするため本研究では、DSPDを被説明変数とする重回帰分析を適用した。説明変数の構成を表2に示す。具体的には、時間スケールの異なる交通状況の影響を区別して把握するため、マクロおよびミクロな視点から説明変数を設定した。さらに、歩行時の状況を表すダミー変数を統制変数として説明変数に設定した。マクロな説明変数として、単路全体の交通状況の影響を把握するため、10分当たりの自動車

表1 ビデオデータ概要

撮影地点	撮影日	撮影時間帯
香美市中央公民館東側道路	2025/11/17~2025/11/18	7:00~9:00
		15:00~17:00
旧香美市立図書館北側道路	2025/11/20~2025/11/21	12:00~16:00
香美市役所西庁舎東側道路	2025/11/26~2025/11/27	9:00~12:00
		16:00~17:00

注) 各地点において、記載した期間中の同一時間帯に撮影を実施した。

キーワード 歩行者, 歩行自由度, 自動車交通, YOLOv8, DSPD

交通量を説明変数とした。マイクロな説明変数として、各歩行者が歩行中に実際に直面した交通状況の影響を把握するため、歩行者に対する自動車の通過タイミング、接近方向、および通過車線位置の組み合わせに基づいて分類した自動車交通量を説明変数とした。分析には、重回帰分析を行い、自動車交通量が歩行自由度に影響する要因を把握する。説明変数の選択には、p 値 0.10 を基準とした変数増減法を適用し、統制変数は除去対象外とした。

#### 4. 分析結果と考察

分析の結果を表 3 に示す。マクロな変数の観点から、10 分当たりの自動車交通量が DSPD に対して有意に負の影響を示した。このことから歩行行動は、歩行中に直面する交通状況に関係なく、単路全体に存在する自動車交通量の水準によって行動の選択が制約されていることが示唆された。次に、マイクロな変数の観点から、歩行者が分析区間を通行した後の対向車線の自動車交通量が DSPD に有意に負の影響を示した。対向車線を走行する自動車は、歩行者と物理的距離があるため、歩行者への配慮が生じにくく、走行速度が維持されやすいと考えられる。歩行者は、このような減速や挙動の変化が生じにくい自動車を、衝突リスクとして意識する可能性がある。また、歩行者が分析区間を通行した後に通過した自動車は、歩行者

が分析区間を通行中にはまだ接近途中であるため、歩行者はその動きを予測しながら行動を選択する必要が生じる。その結果、歩行者は保守的な行動を取りやすくなり、歩行自由度が低下した可能性が考えられる。一方で、前方・後方からの自動車交通量、歩行者側車線の自動車交通量は有意な影響を示さなかった。これは、変数に自動車の走行速度という自動車交通特性を含めていなかったため、歩行自由度に及ぼす影響が十分に捉えられていないと考えられる。

#### 5. まとめと今後の課題

本研究では、DSPD を日本の街路における歩行の自由度を評価するための指標として適用したことを提案した。結果としては、マクロな変数の観点では、歩行行動は単路全体に存在する自動車交通量水準によって制約されていることが示唆された。またマイクロな変数の観点では、接近途中の自動車の存在や走行速度に関わる要因が、将来的な衝突リスクとして認識され、歩行自由度に影響を及ぼす可能性が示唆された。なお、本研究で用いたカメラの画角では広域的な速度データの取得が困難であったため、歩行自由度に影響を及ぼすと考えられる車両の速度を考慮することができなかった。したがって今後の課題は、より広域な区間を評価の対象とし、DSPD に車両の速度が与える影響を把握することが必要である。

#### 参考文献

- 1)内閣府 HP：令和 7 年度版交通安全白書  
[https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r07kou\\_haku/zenbun/genkyo/feature/feature\\_1\\_2.html](https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r07kou_haku/zenbun/genkyo/feature/feature_1_2.html)
- 2)J. Peng, M. Deng, J. Tang, Z. Hu, H. Xia, H. Liu & X. Mei: A movement-aware measure for trajectory similarity and its application for ride-sharing path extraction in a road network, International Journal of Geographical Information Science, Vol.38, Pages 1703-1727, 2024.3.

表 2 説明変数の構成

説明変数		
統制変数	すれ違い発生ダミー	
	グループ歩行ダミー	
	横断発生ダミー	
マクロ変数	10分当たりの自動車交通量[台/10min]	
マイクロ変数	分析区間通行前	前方_自動車交通量[台]
		後方_自動車交通量[台]
		歩行者側車線_自動車交通量[台]
		対向車線_自動車交通量[台]
	分析区間通行中	前方_自動車交通量[台]
		後方_自動車交通量[台]
		歩行者側車線_自動車交通量[台]
		対向車線_自動車交通量[台]
	計算区間通行後	前方_自動車交通量[台]
		後方_自動車交通量[台]
		歩行者側車線_自動車交通量[台]
		対向車線_自動車交通量[台]

表 3 分析結果

変数	回帰係数	p値	有意水準	VIF
定数項	0.472	0.000	***	-
すれ違い発生ダミー	0.254	0.032	**	1.022
グループ歩行ダミー	0.118	0.092	*	1.094
横断発生ダミー	1.459	0.000	***	1.047
10分当たりの自動車交通流率	-0.006	0.000	***	1.288
分析区間通行後_対向車線_自動車交通量	-0.089	0.097	*	1.216
サンプル数	264			
決定係数 R <sup>2</sup>	0.570			
自由度調整済み R <sup>2</sup>	0.561			

\*有意水準10%, \*\*有意水準5%, \*\*\*有意水準1%