第Ⅳ部門　　個別要素法を基礎とした左折自動車モデルの開発

京都大学工学部　学生員　○河野　傑史
京都大学大学院工学研究科　正会員　原田　英治
京都大学大学院工学研究科　正会員　後藤　仁志
(株)ニュージェック　正会員　川崎　順二
(株)ニュージェック　正会員　水口　尚司

1. はじめに

横断歩行者の存在が左折車交通容量に及ぼす影響を評価するため，観測映像解析から左折車両と歩行者挙動を分析し，群集行動シミュレータでの自動車モデルの開発と歩行者モデルの改良を実施した．観測映像との比較からモデルの妥当性を確認するとともに，歩行者による左折車交通への低減率を検討した．

2. 個別要素法型群集行動シミュレータ [1),2)]

個々の人間要素の行動は自律推進力と，他の要素から受ける相互作用力，さらに視野内歩行者の先読み行動を考慮するため，追従・回避力から決定される．相互作用力の算出には個別要素法を用いている．

$$M_{hi}\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{u}_i}{\mathrm{d}t}=\boldsymbol{F}_{hint}+\boldsymbol{F}_{aw}+\boldsymbol{F}_{kaihi} \quad (1)$$

$$I_{hi}\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{\omega}_i}{\mathrm{d}t}=\boldsymbol{T}_{hi} \quad (2)$$

ここに，$\boldsymbol{F}_{hint}$：要素間の作用力ベクトル，$\boldsymbol{F}_{aw}$：人間要素の自律歩行力ベクトル，$\boldsymbol{F}_{kaihi}$：人間要素間の追従・回避行動に伴う作用力ベクトル，$\boldsymbol{u}_i$,：人間要素 i の速度，$\boldsymbol{T}_{hi}$：人間要素 i に作用するトルク，$\boldsymbol{\omega}_i$：人間要素の回転速度ベクトル，M_{hi}：人間要素の質量，I_{hi}：慣性モーメントである．

3. 左折自動車モデルの開発

本研究では，既存の歩行者モデルをベースとした左折自動車モデルの開発を進める．既存の歩行者モデルでは，歩行者要素の中心座標から歩行者の進行方向に向かって左右対称に扇形の影響範囲を定めている．左折自動車モデルに設定する影響範囲の半径と角度は，交差点で撮影された左折自動車と横断歩行者のビデオ画像解析を通じて決定した．

自動車の発進時，停止時における歩行者の位置をプロットした結果をそれぞれ**図-1,図-2** に示す．発進時と停止時では異なった傾向がみられるので，場合を分けて解析を行う．**図-3** は歩行者の歩行速度に対する自動

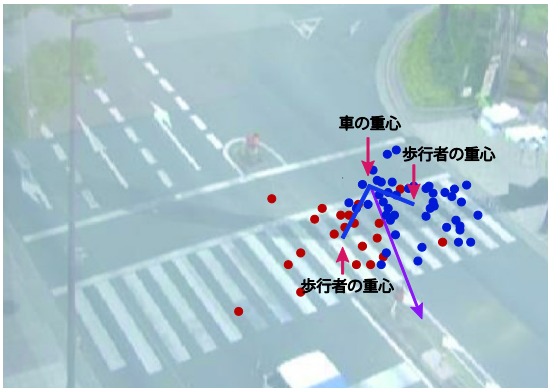

図-1　発進時の歩行者の位置分布

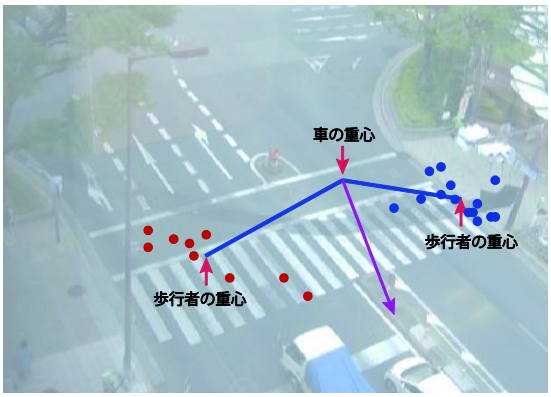

図-2　停止時の歩行者の位置分布

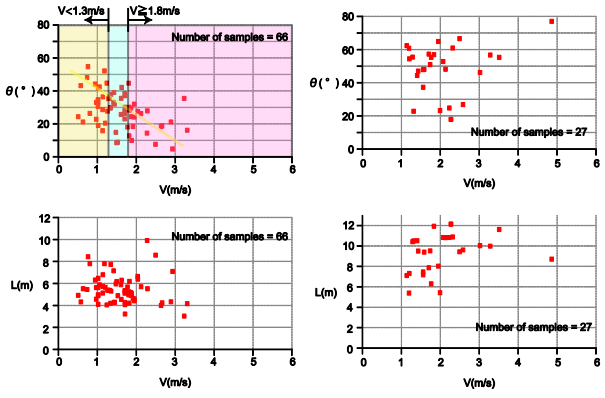

図-3　発進時，停止時の V と θ, L の散布図

Ketsushi KONO, Eiji HARADA, Hitoshi GOTO, Junji KAWASAKI, and Takashi MIZUGUCHI
kono.ketsushi.82x@st.kyoto-u.ac.jp

車の視野角および相対距離に関する散布図である．なお，左側 2 つのグラフは発進時，右側 2 つのグラフは停止時を示す．相関係数を算出したところ，発進時の相対距離，停止時の視野角，相対距離に関しては殆ど相関は認められないが，発進時の視野角については 0.4 程度と，一定の相関がみられた．そこで，この相関関係を考慮するため，発進時の視野角は歩行者の歩行速度に応じて 3 段階に場合分けして定め，その他 3 ケースについては，全サンプルで得た数値を平均した値を用いることとした．

4. シミュレーションの実施

前章で開発したモデルをシミュレータに組み込み，各エージェントのスケールレベルから、開発した歩車混在シミュレータの再現性を確認するため，信号 1 サイクルの挙動を対象に観測ビデオ画像と比較する．**図-4** に t=20.0s におけるシミュレーション結果と観測画像を示す．また**図-4** 中の左折中の白いワンボックス車両の速度の時系列を**図-5** にしめすが、発進のタイミングについては概ね良好に再現している．

また，再現性を定量的に判断するため，低減率を比較した．低減率 f_p は横断歩行者の影響を受けて、その青信号時間のうち左折車の通行が低減する割合であり、次式で定義される．

$$f_p = \frac{t_i}{G_p} \qquad (3)$$

ここに、t_i：横断歩行者による左折車の通行不能時間、G_p：歩行者用青信号時間である．**表-1** はサイクル長と歩行者数を変化させて行ったシミュレーションにおける低減率をまとめた表であり，**図-6** はこの結果を 3 次元的にグラフ化したものである．なお，観測場所の交差点の信号と同様となるように G/C を設定した．歩行者数が増加しサイクル長が短くなるほど低減率の値が増す結果となった．

図-4　t=20.0s のシミュレーション結果と観測画像

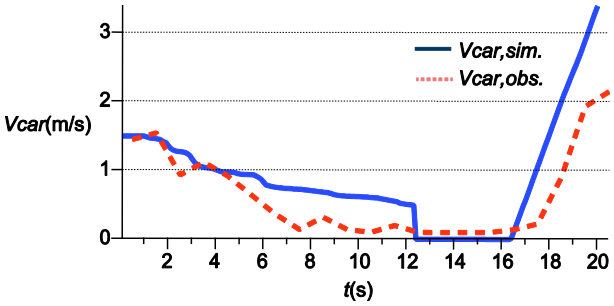

図-5　自動車の進行速度の時系列

表-1　各サイクル長，歩行者数の条件下の低減率

サイクル長(秒)	歩行者数(人/10 サイクル)				
	25	50	100	200	300
50	0.523	0.793	0.908	0.979	0.980
100	0.281	0.588	0.775	0.933	0.978
150	0.270	0.416	0.653	0.777	0.849
200	0.228	0.330	0.501	0.694	0.777
300	0.141	0.201	0.320	0.515	0.633

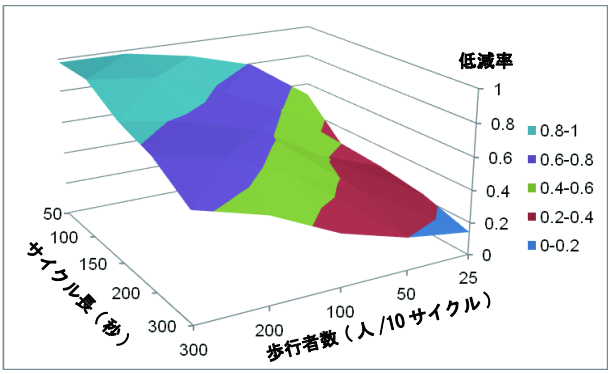

図-6　低減率のパラメトリック解析

5. おわりに

今回の研究では歩行者と自動車の関連性についてのみを考慮したが，実際の交差点上では自転車の存在により，歩行者の横断速度や自転車の走行速度の低下が予測され，今後の課題として自転車の影響を考慮することが挙げられる．

参考文献

1) 原田英治，後藤仁志，安藤栄祐：群集歩行シミュレータのための歩行行動モデルの改善，第 30 回交通工学研究発表会論文集，pp. 333-336，2010.

2) Hitoshi GOTO, Eiji HARADA, and Eisuke ANDOH:Simulation of pedestrian contra-flow by multi-agent DEM model with self-evasive action model, Safety Science, Vol.50, issue 2, pp.326-332, 2012.