

歩道における歩行者流の統計

飯塚剛 愛媛大理

2002年11月シンポジウム「交通流のシミュレーション」予稿

1 序

歩行者流のモデル解析は従来から交通流研究の一環として、様々な想定で主に都市計画や建築設計の立場から研究が行われてきた。近年になって物理学の立場からも、OVモデルやセルオートマトン等で解析盛んに行われるようになった。

ここでは有限幅有限長の歩道を考え、左右から対面する歩行者が流入してきたときの歩行者流を統計的に解析した。対面がない流れと違いこの場合は、左右からの歩行者が衝突して流れが停止してしまう現象が起こる。これを「パニック」と呼ぶことにする。昨年(2001年7/21)兵庫県明石市で発生した歩道橋における事故はまさに、対面歩行者流によるパニック現象であった。このようなことを繰り返さないためにも、歩行者の流入に応じて歩道の幅等を設計する必要がある。

2 モデルの説明

まずここで採用した歩道における対面歩行者流のモデルを述べる。歩道を長さ L 、幅 W (L, W は自然数)の正方格子とみなし、各点に歩行者が1人だけ占有できるというセルオートマトンを考える。また歩行者は右に進む者と左に進むものに大別されている。以下に本研究で用いた正方格子上の歩行者進行のルールを示す。

- 1) 前方のサイトが空いていたならそこへ進む。
- 2) 前方のサイトが空いていなかったら右前方サイトへ進む。
- 3) 前方、右前方とも塞がっていたら左前方へ進む。

- 4) 上記いずれも該当しなければそのときは停止。
 - 5) 出口にいる歩行者は無条件で歩道から脱出。(消える)
 - 6) 上記ダイナミックスの各歩行者に対する適用法。
 - a) 1 タイムステップに全ての歩行者が1回のみ適用される。
 - b) 適用される順番は右進行者の後方から優先される。同じ列にいる場合はランダムに順番を決める。
 - c) 続いて左進行者にも同様の順番でダイナミックスを適用。以上を1つのタイムステップとする。
 - 7) 1つのタイムステップが終了したら。左右の入りロサイトがもし空いていた時(つまり脱出直前の対向歩行者や、入り口で止まっていた同方向歩行者がいなかったら)ある確率(RATE 0 ~ 1)でもって、そこに歩行者を進入させる。
 - 8) 1)-6)の進行、脱出と7)の進入を交互に繰り返す。
- 2),3)でもわかるようにここでは、歩行者同士がぶつかりそうになったらとりあえず、右側によけるという設定である。シンポジウムではこれを左右ランダムにしたモデルに関して併せて発表する。

3 解析結果

上記のRATEをコントロールパラメータとして、歩行者流のアンサンブル平均をとることによって一定時間の平均通行者数を計算した。ただ、RATEがある程度大きくなると対面歩行者同士の衝突が頻繁なり、ついには流れがフリーズしてしまう状況が起こる。これが「パニック」である。図1は、歩道長 $L=100$ にして、歩道幅が $W=10$, $W=40$ の2つの場合についての統計である。シミュレーション時間は1000ステップとし、平均に用いたアンサンブル数は100で

1000ステップ後の歩道通過者数
-アンサンブル平均(100)-

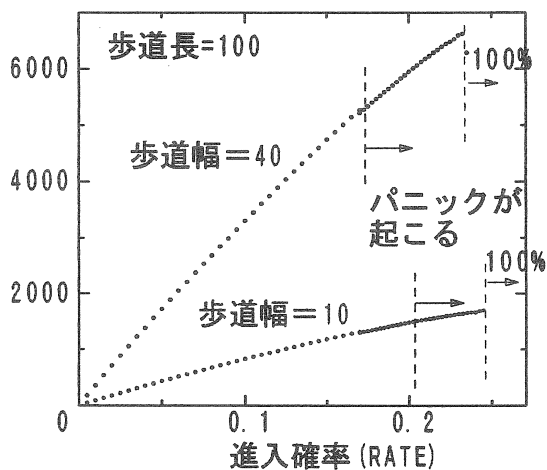
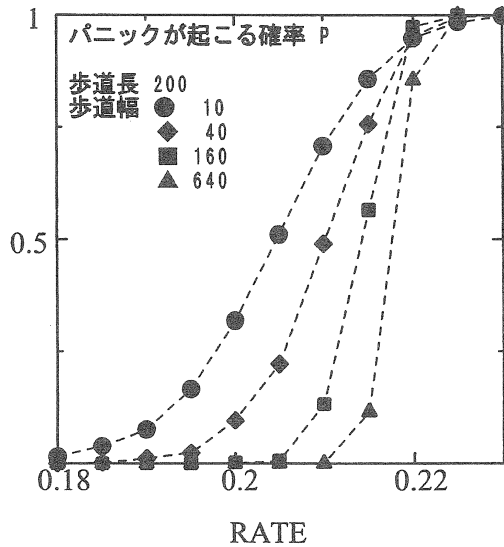


図 1:

ある。

歩道への進入確率 RATE が少ないときはそれに比例して通過者数が増加するが、やがて頭打ちになり $W=10$ では $RATE=0.2$ 付近からパニックがたまに起こるようになり、やがて $RATE=0.25$ 弱ではほとんど 100% パニック状態になる。図 1 ではパニックが無事起こらなかった場合の平均通過者数を図示してある。($W=40$ についても同様。)

次に、パニックが起こる確率 P を解析した。図からもわかるように、 $RATE$ が 0.2 付近でパニック現象が起こり始め歩道長を一定にして (図の場合は 200) 歩道の幅 W を 10~640 と変えて試したところ、 W が大きくなるにつれて、 $RATE - P$ 曲線の 0 から 1 への遷移が急激になっていることが読みとれる。これは統計力学において系の、サイズが大きくなるに従いコントロールパラメーターと統計量の変化がある点の付近でより相転移的になるという事実と類似しているものと考えられる。



例えば歩行者一人分の占めるスペースが $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 平方、歩行速度を 1.5m/s とすると、1 ステップに相当する時間は $1/3$ 秒である。簡単な釣り合い

RATE	歩行者流入 (人/秒)
0.16	4.58 パニックが発生始め
0.213	5.27 パニック発生率 50%
0.23	5.61 パニック発生率 100%

の議論より、毎秒片方の歩道へ入る人数は、おおよそ $\frac{3W \cdot RATE}{1 + RATE}$ となる。これより長さ 50m 幅 5m の歩道における、パニックの様子が表のように概算できる。

シンポジウムではシミュレーション時間を変えた場合の統計の併せて議論したい。

