

交差点におけるロボットの混雑

01402130 東京都立大学 中塚利直 NAKATSUKA Toshinao

前回（平成9年秋期大会）に引き続き、交差点のロボットの混雑のシュミレーション結果を発表する。今回は二つの道幅は同じであるとし、北からのロボットの停止率を考える。つまり、北からのロボットのうち1ステップでも止まったものの割合である。ステップ数2千万、西ロボットの到着数0.2として次の結果を得た。#1は北の到着率，#2は停止率を表す。

| 道幅52 | | 道幅102 | | 道幅152 | | 道幅202 | |
|------|--------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| #1 | #2 | #1 | #2 | #1 | #2 | #1 | #2 |
| 0.01 | 0.8076 | 0.01 | 0.8000 | 0.01 | 0.7975 | 0.01 | 0.7940 |
| 0.05 | 0.7978 | 0.2 | 0.7305 | 0.3 | 0.6836 | 0.1 | 0.7457 |
| 0.1 | 0.7892 | 0.3 | 0.7107 | 0.5 | 0.6483 | 0.5 | 0.6245 |
| 0.15 | 0.7860 | 0.4 | 0.7008 | 0.7 | 0.6346 ⇐ | 0.9 | 0.5874 |
| 0.2 | 0.7843 | 0.45 | 0.6986 ⇐ | 0.75 | 0.6346 | 1 | 0.5857 ⇐ |
| 0.25 | 0.7832 | 0.5 | 0.6992 | 0.8 | 0.6353 | 1.1 | 0.5866 |
| 0.3 | 0.7794 | 0.6 | 0.7047 | 0.9 | 0.6393 | 1.3 | 0.5952 |
| 0.34 | 0.7734 | 0.7 | 0.7164 | 1.1 | 0.6594 | 1.5 | 0.6114 |
| 0.35 | 発散 | 0.71 | 発散 | 1.2 | 発散 | 1.6 | 発散 |

興味あることに、この表は北からの到着率が增大すると、停止率はまず下がり、それから上昇し発散するという凸形をしめしていることである。さらに、発散近くの停止率が1に近いとは必ずしも言えないことも気になる。直感的に判断すると到着率の上昇は混雑の増大を意味し、それは停止率の上昇に結果するはずである。そして発散近くでは1に近くなるはずである。そこで信号機がある場合との比較をした。道幅を w とすると、北が $2w$ 進み、その間西ロボットは止まり、その後北ロボットの入り口が遮断され、交差点内の北ロボットが全て交差点を出ると西ロボットの遮断が止まり、西ロボットが進む。この繰り返しである。この時、 $w=102$ で左の結果を得た。この数値は我々の直感にそったものと言えよう。では遮断がない前述の場合、何がおきているのだろうか。

我々のモデルは数学を使うには複雑すぎるのでシュミレーションによる分析に頼らざるを得ない。前回報告したように、このモデルの混雑にはいくつかの特徴があり、そのうち、北西端が混雑しやすいことと、ななめ帯が生じることが鍵になっているのではないかと思ひ、つぎのような調査をした。道路は一辺1の格子に分けられる。そして交差点は $w \times w$ の格子状になっている。そこで北

| LaA | 停止率 |
|-------|--------|
| 0.01 | 0.6678 |
| 0.2 | 0.7125 |
| 0.3 | 0.7408 |
| 0.4 | 0.7715 |
| 0.45 | 0.7884 |
| 0.5 | 0.8064 |
| 0.6 | 0.8452 |
| 0.7 | 0.8890 |
| 0.833 | 0.9955 |
| 0.834 | 発散 |

からの道路を南北通路が $w-2$ 個あるとして、各通路につき停止率を調べると、 $w=102$ の場合右のようになった。

これで見ると、東よりの北ロボットが通過しやすいことが全体の停止率を大幅に下げている結果になっている。ではなぜこのような曲線が生まれるのであろうか。右下図のようにある北ロボットが交差点にさしかかり、今からその中へ一歩踏み出す場面を想定してみよう。このとき図のようなななめ45度の通路に西ロボットがいて、他の障害がなければ、北ロボットはやがてこの西ロボットに道をふさがれる。そこでこのななめ通路が重要と判断し、 $w-2$ 個の通路の各々について、そこに到着したロボットが、このななめ通路に何を見るかを実験で調べた。調査した主要なものは以下のものである。

- ① 最初から最後まで空列である率。
- ② 西ロボットが最初はいたが新たに入ったものはいない率。
- ③ 到着時にななめ通路に入っている西ロボットの数。
- ④ 新たに入った西ロボットの数。
- ⑤ 出た西ロボットの数。

東側の北ロボットの通過率が高いのはいくつかの原因が考えられた。その一つに、西よりの北ロボットが停止せず通過する場合、ななめ通路に西ロボットが最初からほとんどいない。しかし、真ん中から東側にかけてはその通路に多く入り、出て行く。つまり排除能力が高いのである。ある北ロボットに注目してみると、そのななめ通路から西ロボットを排除するのはその北ロボットの右ななめ前方を進む北ロボットである。東側ではななめ空列が典型的にできやすいが、ななめ列に全く西ロボットが最初から入らない場合は必ずしも多くない。ななめ空列ができることは西ロボットが斜めに固まることでもあり、それを一つの北ロボットが道をふさぎつつ、ななめ後方の北ロボットに道を作って行くことはよくある。このように右ななめ前方を進む北ロボットの存在が停止率の減少に大きく貢献しているようである。逆に言えば、停止率を減少させるためにはある程度北ロボット同士の混雑が必要であり、これが到着率の増加が停止率の減少につながる理由だと類推される。

