

「モデリングとシミュレーション実験」

2018 年度期末レポート課題

締切:2019/2/8

1 Fukui-Ishibashi モデル

講義では、Wolfram のルール 184 を最も簡単なセルオートマトン交通流モデルとして扱った。ルール 184 では、最高速度が 1 であり、過度に単純化されている。最高速度を 1 よりも大きくした、解析的に扱いやすいモデルの一つが、Fukui-Ishibashi モデルである。

L 個のセルからなる一次元系を考える。周期境界条件を課し、両端がつながった円環状であるとする。一つのセルには、車両が一つしか入ることはできない。各車両の最高速度は v_{\max} とする。

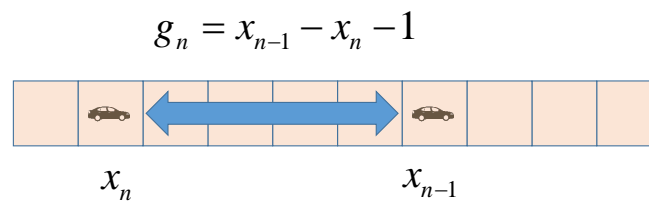


図 1 車両位置と先行車両までの空きセル数

時刻 t において、 n 番目の車両がセル x_n に居るとする。先行する $n-1$ 番の車両はセル x_{n-1} に居るとする。先行車両までの空のセルは $g_n = x_{n-1} - x_n - 1$ である。この時、 n 番目の車両の次の時刻の速度 v_n^{t+1} を次式によって決定する。

$$v_n^{t+1} = \min(g_n, v_{\max}) \quad (1.1)$$

つまり、 $g_n > v_{\max}$ ならば $v_n^{t+1} = v_{\max}$ に、それ以外ならば $v_n^{t+1} = g_n$ とする。つまり、 v_n^{t+1} は v_n^t に依存せず、従って次第に加速する要素はない。

全ての車両の次の時刻における速度が決まった後、その速度で各車両を移動する。こうすることで、実質的に全車両が同時に移動することを模倣することができる。

2 シミュレーションコードの作成

シミュレーションを実行するために、初めに Fukui-Ishibashi モデルに対応したクラスを作成する。ここでは、Fukui-Ishibashi モデル中の車両のクラス `Car` と、システム全体のクラス `FI` に分けて設計することにする。以下の URL にそのテンプレートがある。

<http://aoba.cc.saga-u.ac.jp/lecture/ModelingAndSimulation/javasrc/FIReport/src.zip>

クラス `Car` は一台の車両を表すクラスである。車両の位置、速度、最大速度 v_{\max} をフィールドとして有している。

課題 1 速度の更新は、現在の速度 `speed` と先行車両との空セル数 `gap` を用いて、メソッド `evalSpeed()` で行う。このメソッドを実装しなさい。

課題 2 位置の更新はメソッド `move()` で行う。周期境界であることから、位置がシステムの大きさ以上になる際には、注意が必要である。引数がシステムの長さ (セルの総数) であることに注意して、このメソッドを実装しなさい。

システム全体のクラス `FI` とする。セルの総数、車両数、最大速度 v_{\max} 、及び車両のリストをフィールドとして有している。

課題 3 クラス `FI` では、各時刻で状態更新をメソッド `update()` で行う。すべての車両について、先行車両との位置の差を与えて、各車両の `evalSpeed()` メソッドを実行し、その後に各車両のメソッド `move()` を実行し位置を更新する。このメソッドを実装しなさい。

課題 4 クラス `FI` を実行すると、標準出力にシステムの動作を表示する。`main()` メソッドを適切に書き直して、正しく動作していることを確認しなさい。正しく動作していると考えられる根拠も示しなさい。

3 シミュレーションの実行と基本図

交通流の分析では、基本図が最も基本的な観測量である。基本図は密度に対する平均流量である。実際の高速道路での観測では、ある観測点を通過した車両数に基づく断面流量と呼ばれる量を用いるが、ここでは以下のような空間平均を用いることにする。

ある車両数 N の場合を考える。初期状態から一定時間、例えば $10L$ 、時間が経過した後、各時刻 t で全車両の速度の総和を求める。これを $V(t)$ とする。この観測を τ 回、例えば 100 回実行し、以下のように平均流量 q を求める。

$$q = \frac{\sum_{i=t}^{t+\tau-1} V(i)}{\tau L} \quad (3.1)$$

課題 5 上記のような平均流量を車両数 N を変化させながら求めることで、密度 $\rho = N/L$ に対する流量 q を求めることができる。このような量を求めるクラス Flow を作成しなさい。

課題 6 講義のレポートでは、 $v_{\max} = 2$ とした場合の基本図の理論式を求めた。 $L = 1000$ として、シミュレーション結果と比較しなさい。

課題 7 $v_{\max} = 5$ に対して、 $L = 1000$ として、シミュレーションによる基本図を示し、結果を考察しなさい。

4 発展：シミュレーション動画

余力のある者は、この課題を実施すること。加点として評価する。WolframCA の際に作成した Processing のプログラムを参考に、Fukui-Ishibashi モデルの動画を作成する。

課題 8 クラス FI には、全車両の位置を取得するメソッド `getPositions()` がある。

この情報により、車両の位置に矩形を描くことができる。また、メソッド `getSpeeds()` によって全車両の速度を得ることが可能であることから、矩形の色を速度によって変えることも可能である。シミュレーションの動画を作成し、渋滞形成の様子を示しなさい。レポートには動画のスナップショットを示しなさい。

5 レポート提出

レポートは以下のように作成し、締切日の 12 時までに提出すること。

- 課題に沿って、内容を記載すること。ただし、単に課題の答えを記載するだけでは不十分である。課題の記述・理解、方法なども課題に前後して記載することで、レポートそのもので問題設定から解決までが読み取れる形式とすること。
- 「考察」として、レポートを通じて得たことを記載すること。
- 正しい日本語または英語で記述すること。Word や $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ などを使って、適切に組版すること。必要なプログラム、スクリプト、図も入れ込むこと。単なるテキストファイルの PDF は受け付けない。
- 他人のプログラム、レポートを写したと判断される場合には、0 点とする。
- 書籍や Web ページ等を参考としている場合には、必ずその出典を明示すること。
- レポートは PDF 形式とし、教務システムのポータルより提出すること。
- 提出前に、必ず、PDF の内容を十分に確認すること。