

自然に学ぶ交通政策 ～ソフト・ハード・人～

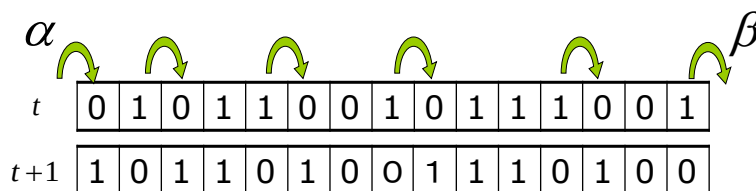
東京大学 先端科学技術研究センター 教授
西成 活裕

渋滞を考えるための新しい数学

ASEP(非対称単純排除過程)

Asymmetric Simple Exclusion Process

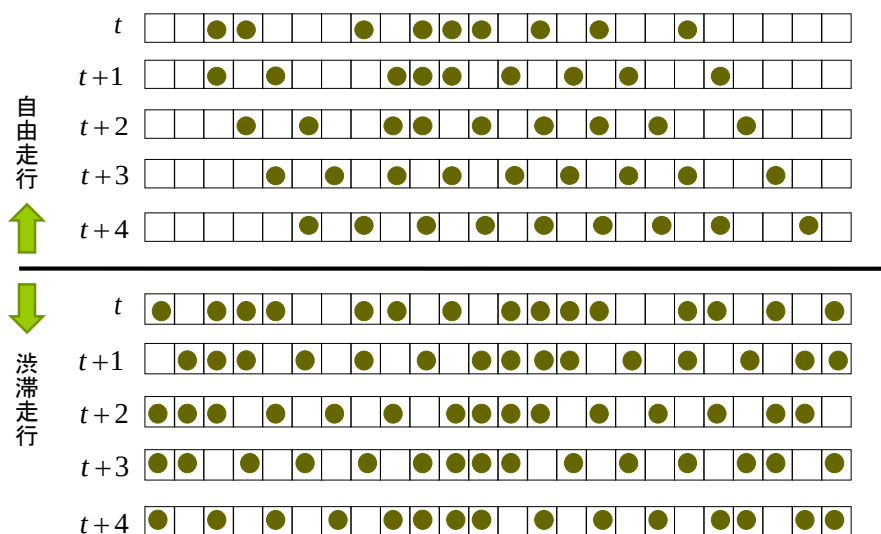
ルール: 前が空いているときだけ進む



このモデルにより渋滞のできる様子が
より正確に分かるようになった(1993～)

ASEPをベースにして、車、アリ、人、神経などの渋滞を研究

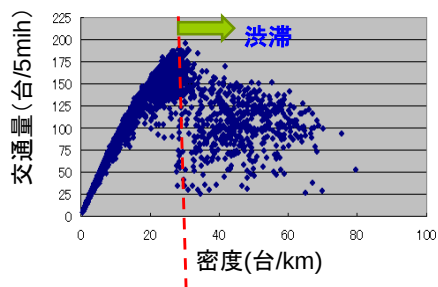
混んでいない時、混んでいる時



渋滞の定義とは？

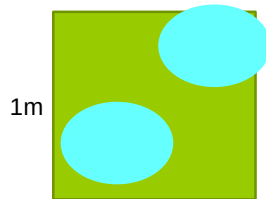
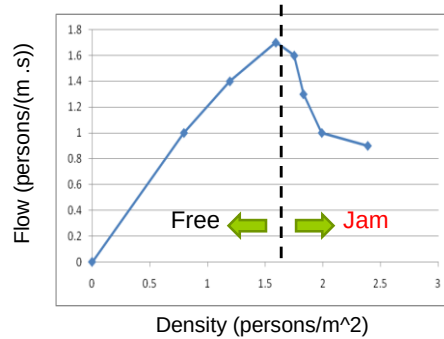
首都高速道路 時速20km以下
 その他の高速道路 時速40km以下

交通量と密度の関係



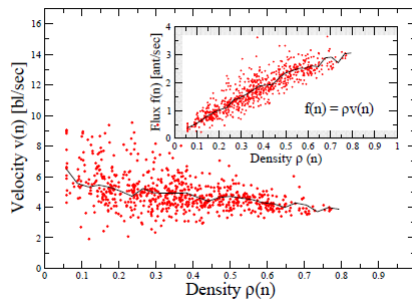
渋滞＝流量が減少すること（高速道路では25台/km）

人の基本図



臨界密度
= 1.8 人/m²

アリは渋滞を起こさない！

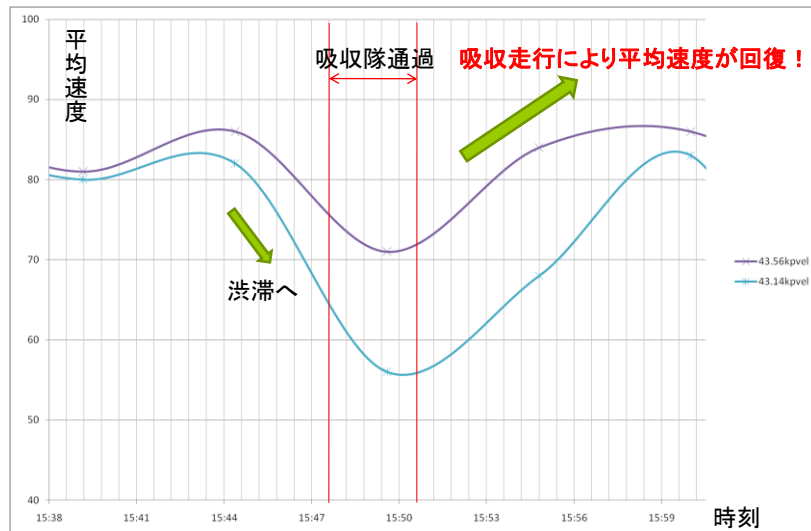


自然界での観察(インド西部にて)

自然観察では、速度は密度によらずほぼ一定になっている
渋滞高密度は観測されない

“Traffic-like collective movement of ants on trails: absence of jammed phase” Phys.Rev.Lett.(2009)

小仏トンネルにおける渋滞抑制実験 地点速度が回復



高速道路の渋滞を無くすには？

コンセプト「スローイン・ファストアウト」



実現メソッド

運転手教育
ペースメーカー車
可変道路標識
カーナビ情報提供
料金規制・取締り

全く逆の
「ファストイン・スローアウト」
の走行をしている人が多い！

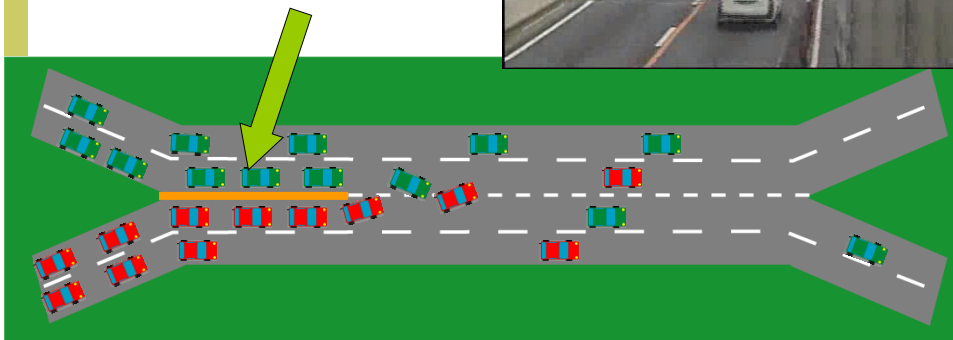
効果

渋滞長の減少
旅行時間の短縮
燃費の向上
追突事故減少

譲り合い運転による 渋滞解消

立体交差にする？ => No!

交互合流のための黄色線



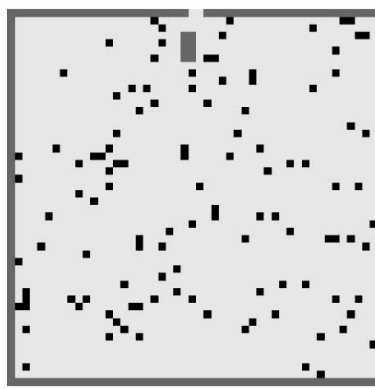
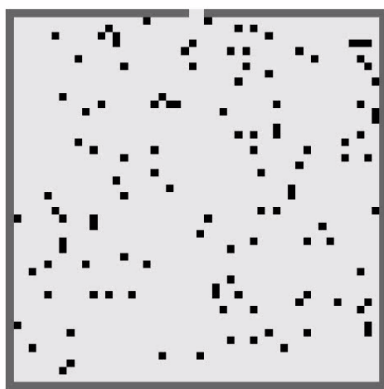
相手の確認による自然な交互合流

異なる車の流れの「自発的」な整流化

人の渋滞と障害物の影響

障害物なし

障害物あり

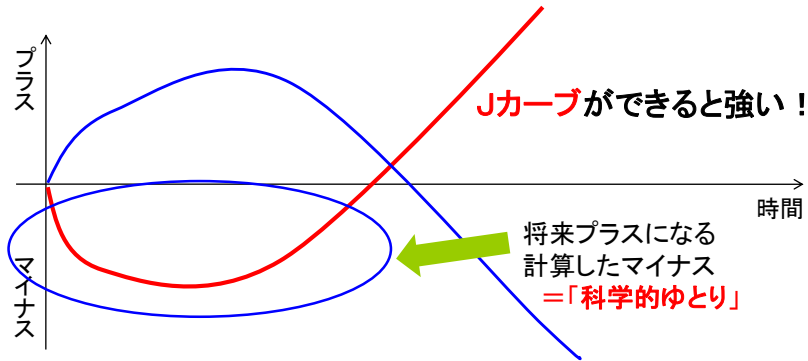


総退出時間 障害物なし62秒 障害物あり55秒
部屋サイズ 25m×25m 障害物サイズ 1m×1.5m 人数 125人

障害物を置くと、総避難時間が短縮できる！

「Jカーブ」が重要！

我慢できない人が増えている！長期的視野を持とう。



二宮尊徳「遠くをはかる者は富み、近くをはかる者は貧す」
科学的に短期的「マイナス」をとり、長期で得をする！

「ゆとり」から「科学的ゆとり」へ

□ ゆとり

目的決めずに自由時間を設ける
運が良ければ何かにつながる
そうでなければ無駄につながる

□ 科学的ゆとり

目的ありで、あえてマイナスをとる
将来高い確率でプラスになる
複数目的の場合、他の目的では役立つ
「損をして得をとる」

例：

- ①空間 本の余白
- ②時間 昼食後の睡眠
- ③労力 失敗経験



科学的ゆとりの例

電車は一本待とう！

× 混んでいる電車に駆け込んで無理やり乗る

→ 次の電車の方が空いている確率が高い



渋滞学からの教訓

「損をして得をとれ」「急がば回れ」

- 個人の利益と全体の利益は一般に一致しない
自己の利益を最大化しようとして行動すると、
結果的に社会的には損をしてしまう。
「わがままは損」
- 自分が少し譲り、我慢することで、全体が得をする。
○ 合流部で譲りあって交互合流をした方が
流れは良くなる
○ 出口に障害物を置いたほうが殺到してぶつかる
ことが減り、結果的に早く出られる

あるべき交通政策とは？

「いつもこの歩道は混んでいて歩きにくい！」

解決方法として以下のどちらを選ぶか？

- ① 道を広げる工事をする
- ② 混雑情報をネットで提供する
- ③ 人の教育をする

「流れの途中で立ち止まらない、道の真ん中を歩かない」

実現までの時間、コスト、実現可能性、環境負荷、、、
トレードオフの関係があって答えが一つに決まらない

分野によって考え方が異なる

- 土木工学系など
インフラ建設で解決
- 情報工学系など
ソフトや情報提供などで解決
- 人文社会系など
人の教育・支援・協力、広報



	メリット	デメリット
インフラ建設	・導入後即効性がある ・強制力がある	・導入コスト高い ・失敗時に変更は困難
情報提供	・導入コスト抑えられる ・ある程度適応的柔軟性あり	・人が使いこなせない場合あり ・人が守らない場合あり
広報・教育	・コスト低い場合が多い ・気持ちの切替えで柔軟運用	・時間がかかる ・人が守らない場合あり

正解は無い。全体最適の視野が必要！

渋滞アセスメントの必要性

渋滞ストレス度を評価し、定量化する

例: LOS (Level of Service) の導入

人にとっての「空間の価値」を表す。

これにより各場所の渋滞評価を行う。

人が集合している状態における自分の専有面積

LOS A: 1.2 m² 以上

LOS B: 0.93–1.2 m²

LOS C: 0.65–0.93 m²

LOS D: 0.28–0.65 m² (歩きにくい状態から完全停止まで)

LOS E: 0.19–0.28 m² (停止状態でお互い触れ合う程度)

LOS F: 0.19 m² 以下 (密着状態)

「渋滞アセスメント」による街づくり

- 混雑地区に新たな居住地を建設すると、混雑がさらにひどくなる

➡ 大型マンション1つで車が百台以上増加
通勤のために駅や電車内也大混雑

- 大型施設や観光地建設の際の渋滞評価方法を標準化し、正確に渋滞影響評価する必要がある。

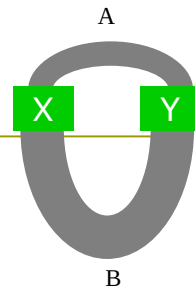
例) 検証ソフトなどを用いる。例えばLOSが

2段階低下する場合は建設不許可などと決める

規制と自由の適当なバランスにより、
個人と社会環境のモビリティ快適度を極大化する

交通情報提供に関する難しい問題

個人と全体の益のジレンマ



経路選択問題

XからYに行くのに2通りのルート

○ルートA: 時間は車の数に比例

○ルートB: 時間は常に10分

10台の車がXからYへ行くときのルート選択は？

① **利用者均衡配分** A: 10台、B: 0台

利用者に任せると、みなAを選択する

② **システム最適化配分** A: 5台、B: 5台

これが全員の所要時間の総和を最小にする

①の場合、所要時間の総和は100分、②の場合は75分
つまり、個人の益を追求する①では、社会全体で損をする！

自然に学ぶ問題解決法

□ 生物の知恵

ロバスト性

適応性

効率性 人間はこれだけ複雑な活動を1日2000kcalでできる！

□ 「**準最適**」 自然界の数億年の知恵

= 進化を生き残ってきた生物こそ、変化に強い

□ トリレンマをうまくトレードオフできる自然

経済

資源・エネルギー

環境

まとめ

自然に学ぶ「準最適」 自然は答えを知っている

＝長期的な視野での存続を目指す

環境変動に強い「そこそこの効率性」と科学的ゆとり
メンテナンスフリーでコストがかからない方法

◎三戒

いまさえよければ、、、(短期的視野)

ここさえよければ、、、(部分最適化)

自分さえよければ、、、(利己)