L-3

ボトルネックを含む交通システムにおける車間制御付き車両の導入効果

Installation Effects by Adaptive Cruise Control in Traffic System Including Bottleneck

○久保　良介 [1]，星野　貴弘 [2]，浜松　芳夫 [2]
*Ryosuke Kubo[1], Takahiro Hoshino[2], Yoshio Hamamatsu[2]

Abstract: In recent years, the number of vehicles with adaptive cruise control (ACC) have increased with the development of vehicle control technology. ACC can keep a constant distance between cars. ACC mainly helps to ease driver fatigue on highways. In this research, we develop a traffic flow model that considers ACC vehicles. This model is based on the Nagel-Schreckenberg model (NaSch model). On analyzing traffic flow model for the traffic including ACC equipped vehicles, we discuss basis installation effects to show traffic flow and the average velocity.

1. はじめに

現在，日本では，慢性的な交通渋滞が問題となっている [1]．交通渋滞は，自動車の排気ガスによる環境への影響，流通における経済損失など様々な問題の原因となっている．渋滞には，事故や災害など突発的に発生する突発渋滞，工事の交通規制による工事渋滞，事故や工事などの明確な理由もなく起こる自然渋滞の 3 つに分類される．本研究では，最も発生頻度の多い自然渋滞に着目する．自然渋滞は，適切な速度と車間距離が維持されなかった結果，発生することが知られている．近年，ITS 技術の発展に伴い，車間制御機能を搭載する車両が増えつつある．このような車両の増加は，渋滞の低減に一定の効果があると考えられる [2]．

本稿では，システム内に車間制御機能を備えた車両，これらの機能を備えていない一般車両の 2 種類が混在する交通システムを対象とする．既存のモデルを基に，車間制御機能を備えた車両を混在させたモデルを構築し，速度の分布を明らかするとともに，車間制御機能が交通流に及ぼす影響について検討する．

2. 交通流モデル

< 2.1 仮定 > 対象とする交通流を片道 1 車線の単路部とし，セルオートマトンモデルにより記述する．システム内には，Fig.1 に示すような道路に相当する L 個のセル上を合計 N 台の車両が一定走行し，後続の車両が前方の車両を追い越すことはないものとする．ヒューマンドライバーの知覚を頼りに走行する車両の他に自動的に車間距離を制御する装置を搭載している車両が存在するものとする．以降，本稿では車間制御機能を搭載する車両を ACC 車両，どちらの機能ももたない車両を一般車両と呼ぶことにする．

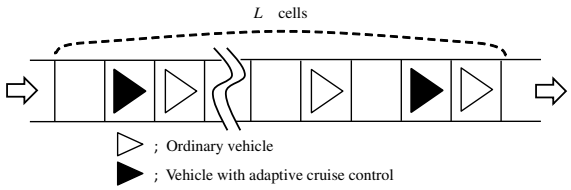

Fig. 1: Schematic diagram of analytical model

車両総数を N，全体のセル数を L とし，また ACC 車両と一般車両の配置はランダムであるものとする．L と N により，システム全体の交通密度は $\rho = N/L$ と表される．車両群中の $n(1 \leq n \leq N)$ 番目の車両の速度を v_n，最高速度を V とすれば，v_n は $0 \leq v_n \leq V$ の範囲で整数値をとる．また，車両の位置は，x_n とし，$1 \leq x_n \leq L$ の整数値をとるものとする．車両位置 x_n により，n 番目の車両と前方の $(n+1)$ 番目の車両の車等間隔 d_n は $d_n = x_{n+1} - x_n$ と表される．車両は，時点ごとに後述するルールに従い速度が決定される．

本稿では，車間制御機能が交通流に及ぼす基本的な影響を検討するため，すべてのドライバーは，常時，車間制御機能を利用するものとする．

< 2.2 対象モデルの時間的発展則 > ヒューマンドライバーの発進遅れや過度の減速操作を確率セルオートマトンモデルにより表現した NaSch モデル [3] を基に対象モデルの時間的発展則を STEP1 から 4 のように示す．

STEP1 加速　任意の車両の速度が $v_n < V$ のとき，$v_n \to v_n + 1$ とする．

STEP2 減速　$v_n \geq d_n$ となるとき，前方の車両との衝突を避けるために $v_n \to d_n - 1$ とする．

STEP3 ランダム化　一般車両は，$v_n > 0$ のとき，確率 p で速度を 1 減少させる．すなわち，$v_n \to v_n - 1$ とする．ただし，ACC 車両はこの影響をうけないものとする．

STEP4 車両移動　STEP1 から 3 により決定された次時点の速度により，車両を v_n だけ進める．

3. シミュレーション解析

ここでは，ボトルネック区間を含む道路上の ACC による速度の改善効果などを検討する．シミュレーション

1:日大理工・院（前）・電気　2:日大理工・教員・電気

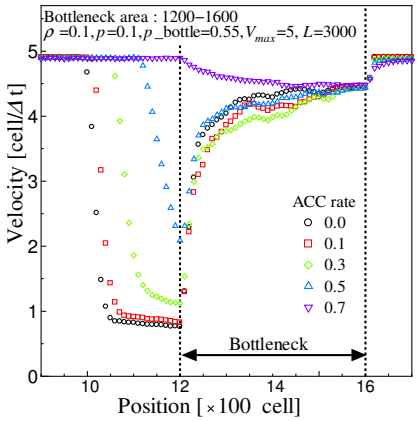

Fig. 2: Vehicles Speed versus Position

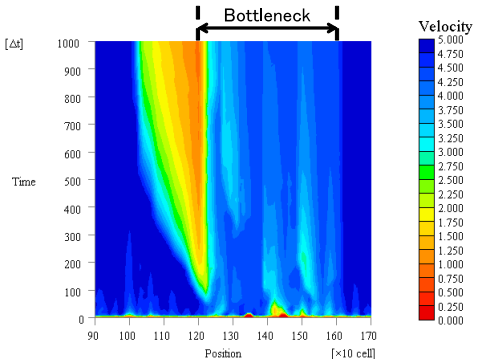

Fig. 3: Vehicles speed distribution on ACC rate=0.0

は，疑似乱数により初期状態における各セルの車両の有無とランダムブレーキの発生を決定した．また，シミュレーション時間を 10,000Δt とし，道路長 $L = 3,000$ セルとした．道路内の 400 セルをボトルネック区間とし，それ以外の区間に比べてランダムブレーキ確率 p を上げることで渋滞を発生しやすくした．具体的には，ボトルネック区間内の p を 0.55 とし，ボトルネック区間外の p を 0.1 とし，シミュレーションを行った．

Fig.2 は車両位置に対する速度を示す．また，グラフ中の破線は 900〜1600 セル間の平均速度である．グラフから，ボトルネック前で加速または減速する場合があり，ACC rate=0.0 から 0.5 のときに加速しており，ACC rate=0.7 のときに減速していることがわかる．ボトルネック内で加速している場合は，ボトルネック手前で形成された渋滞によりボトルネック内では先行車との車間距離が空いてしまうため，ボトルネック下流になるにつれて加速している．ボトルネック内で減速している場合，ACC 車両の増加により，ボトルネック手前の渋滞が抑えられたため，速度が減少する確率が高いボトルネック内で減速している．

Fig.3〜Fig.5 に，ACC rate=0.0，0.3，0.5 の速度分布の時間変化を示す．Fig.3，Fig.4 から，ボトルネック進

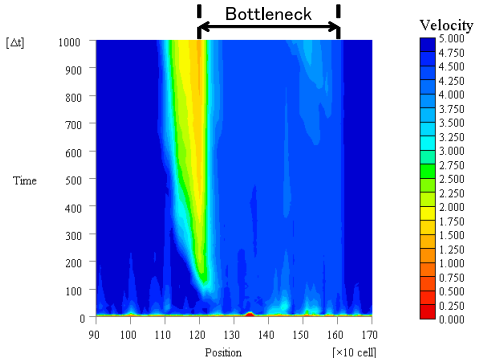

Fig. 4: Vehicles speed distribution on ACC rate=0.3

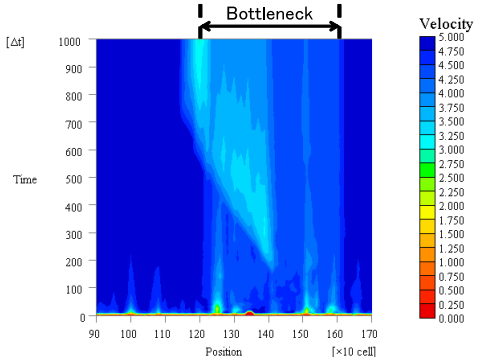

Fig. 5: Vehicles speed distribution on ACC rate=0.5

入直後から減速が始まり，時間経過とともに減速域が上流に伝搬していることがわかる．また，ACC rate が低いほど，減速域の伝搬範囲は広範囲になっていることがわかる．ACC rate=0.5 とした Fig.5 では，ボトルネック中心からボトルネック上流にかけて減速域が伝搬しているが，減速量はわずかで，かつその伝搬範囲も狭いことがわかる．上記のことから，ACC rate を上げることによって減速域が狭まり，かつ伝搬しにくくなっていることがわかる．

4. むすびと今後の課題

本論文では，ACC 車両と一般車両の 2 種類が混在する交通流モデルの提案を行い，ボトルネック区間周辺での交通流解析を行った．さらに，提案モデルを基に，ボトルネックを含む ACC 車両混在時の速度分布の ACC 車両の増加に伴う効果を検討した．今後は，渋滞緩和の効果的な車間制御機能の使用方法について検討を行う予定である．

参考文献

[1] 国土交通省：「全国道路・街路交通情勢調査報告書 (道路センサス)」，国土交通省道路局 (2010)
[2] 西成活裕：「高速道路で渋滞させない運転術」，月刊交通，Vol.40，No.4，pp.55-61(2009-4)
[3] Andreas Schadschneider：「Traffic flow：a statistical physics point of view」，Physica A，No.313，pp.153-187，2002