

車両間通信を用いた車両群の協調走行

工学研究科
筑波大学

2000年3月

宇野 篤也

論文概要

本研究は、自動車の自動運転システムにおける車両間通信を用いた車両群の協調走行を扱っている。ここで扱う協調走行とは、個々の車両が単独で走行するのではなく、車両間で連携をとりながら小さな車間距離で協調して走行することを指している。その目的は、自動車交通における安全と効率、すなわち道路の実効容量の増加にある。この研究では、特に高速道路で本線を走行している車両群に対して、ランプから流入する車両群が合流する場合や車線変更を行う場合の協調走行を扱っている。高速道路における合流制御は、協調走行制御において重要なテーマの一つである。

本研究では、協調走行のための新しい車両間通信アルゴリズムと合流制御アルゴリズムを提案している。

ここで提案する車両間通信アルゴリズムでは、車両間通信を車両群間通信と車両群内通信の二種類で構成する。車両群内通信では、車両制御を目的とした車両間通信方式として、ラウンドロビン方式を基本にスケジューリング方式を拡張し、車両群の構成台数に合わせて動的に通信経路を変化させるデータ伝達アルゴリズムを提案している。このアルゴリズムはネットワークの変化にも柔軟に対応することができる。数値計算により、車両群の構成台数が 15 台の場合には、車両群の最大構成台数を 30 台に設定した TDMA の場合よりも約 2 倍の性能を有していることを示した。

ここで提案する合流制御アルゴリズムでは、仮想車両という新しい概念を用いて、ランプにおける合流と車線変更による合流を同じアルゴリズムで扱うことを可能にしている。このアルゴリズムは車両間通信を前提としており、本線上または支線上を走行する車両を支線上または本線上に投影して生成された仮想車両に対してロンジチューディナル制御を行うことで合流を実現している。シミュレーション結果は、支線上の車両群が単純に本線上の車両群の最後尾に合流する場合と比べて、燃料消費量の点では劣っているが、合流区間を短くすることが可能であり、乗り心地の面でも優れていることを示している。

本研究で提案する車両間通信アルゴリズムと合流制御アルゴリズムの有効性を確認す

るために、3台の屋内小型移動車両にこれらアルゴリズムを実装し実験を行った。2台の車両で構成される車両群に単独車両を合流させる実験では、速度 0.13m/s 、車間距離 1m で走行する2台の車両の間に1台の車両を合流させた。そのときの、後続車両の減速度は 0.026m/s^2 (0.06m/s の減速) であり、スムーズな合流が実現された。

目次

第1章	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	3
1.3	従来の研究	5
1.4	本論文の構成	6
第2章	車両間通信アルゴリズム	8
2.1	はじめに	8
2.2	車両制御のための車両間通信	9
2.2.1	車両群間通信	10
2.2.2	車両群内通信	14
2.3	データ伝達アルゴリズム	16
2.3.1	定常状態のデータ伝達	16
2.3.2	参加/分離時のデータ伝達	18
2.3.3	割り込み時のデータ伝達	24
2.3.4	車両群内通信アルゴリズム	24
2.4	シミュレーション実験	27
2.4.1	車両群間通信	27
2.4.2	車両群内通信	29
2.5	まとめ	31
第3章	合流制御アルゴリズム	32
3.1	はじめに	32
3.2	仮想車両による合流制御	33
3.2.1	合流路における合流	34

3.2.2	車線変更による合流	36
3.2.3	合流パターンの組合せ	38
3.3	車両群同士の合流	40
3.4	シミュレーション実験	43
3.4.1	ロンジチューディナル制御アルゴリズム	43
3.4.2	シミュレーション条件	45
3.4.3	合流パターン 1	46
3.4.4	合流パターン 2	49
3.4.5	合流パターン 3	52
3.4.6	車両群同士の合流	58
3.4.7	合流の評価	66
3.5	まとめ	75
第 4 章	走行実験	76
4.1	はじめに	76
4.2	実験装置	76
4.3	走行実験	80
4.3.1	追従走行	80
4.3.2	合流走行	84
4.4	まとめ	89
第 5 章	結論	90
	謝辞	92
	公表論文目録	95

目次

1.1	構造別渋滞発生場所	3
2.1	車両間通信システム	9
2.2	合流路に対する通信ゾーンの割り当て	11
2.3	直線路に対する通信ゾーンの割り当て	11
2.4	車両群間通信の送信アルゴリズム	12
2.5	車両群間通信の受信アルゴリズム	13
2.6	定常状態のデータ伝達	16
2.7	リングネットワーク	17
2.8	リングネットワークへの参加例	19
2.9	リングネットワークへの参加アルゴリズム	20
2.10	リングネットワークからの分離例	22
2.11	リングネットワークからの分離アルゴリズム	23
2.12	割り込み時のデータ伝達	24
2.13	車両群内通信アルゴリズム	25
2.14	受信データの処理アルゴリズム	26
2.15	車両群間通信シミュレーション結果 その1	28
2.16	車両群間通信シミュレーション結果 その2	28
2.17	定常状態における送信回数比	29
2.18	単独車両がネットワークに合流するのに要する時間	30
3.1	仮想車両の生成方法	33
3.2	合流パターン 1	34
3.3	合流パターン 2	35
3.4	合流パターン 3	35

3.5	車線変更による合流	37
3.6	合流時の状態遷移図	39
3.7	グループ分け その1	41
3.8	グループ分け その2 (上から見た図)	42
3.9	車両の追従走行	43
3.10	スペースヘッドウェイ偏差のPD制御系	43
3.11	シミュレーションコース	45
3.12	車両の速度と加速度	47
3.13	車両の走行軌跡	48
3.14	車両の速度と加速度	50
3.15	車両の走行軌跡	51
3.16	車両間通信のみの場合の車両の速度と加速度	54
3.17	車両間通信のみの場合の車両の走行軌跡	55
3.18	車両群間通信と車両群内通信を使用した場合の車両の速度と加速度	56
3.19	車両群間通信と車両群間通信を使用した場合の車両の走行軌跡	57
3.20	合流シミュレーションの様子	59
3.21	車両間通信のみを使用した場合の本線上の車両群の速度と加速度	60
3.22	車両間通信のみを使用した場合の支線上の車両群の速度と加速度	61
3.23	車両間通信のみを使用した場合の車両群の走行軌跡	62
3.24	車両群間通信と車両群内通信を使用した場合の本線上の車両群の速度と加 速度	63
3.25	車両群間通信と車両群内通信を使用した場合の支線上の車両群の速度と加 速度	64
3.26	車両群間通信と車両群内通信を使用した場合の車両群の走行軌跡	65
3.27	燃料消費のルックアップテーブル	66
3.28	初期位置が同じ場合の車両群の走行軌跡	67
3.29	初期位置が1台分ずれた場合の車両群の走行軌跡	68
3.30	初期位置が2台分ずれた場合の車両群の走行軌跡	69
3.31	初期位置が3台分ずれた場合の車両群の走行軌跡	70
3.32	初期位置が4台分ずれた場合の車両群の走行軌跡	71

3.33	燃料消費量	72
3.34	加速度の二乗積分値	73
4.1	プレビューラテラル制御アルゴリズム	77
4.2	小型移動車両	79
4.3	小型移動車両のシステム構成	79
4.4	追従走行実験コース	80
4.5	車両の走行速度 (モータへの入力値)	81
4.6	車間距離 (モータへの入力値から計算)	81
4.7	車両の走行軌跡 (モータへの入力値から計算)	82
4.8	追従走行実験の様子	83
4.9	合流実験コースと通信ゾーンの割当	84
4.10	車両の走行速度 (モータへの入力値)	86
4.11	車間距離 (モータへの入力値から計算)	86
4.12	車両の走行軌跡 (モータへの入力値から計算)	87
4.13	合流走行実験の様子	88

表 目 次

2.1	数値計算に用いた各パラメータ値	29
3.1	シミュレーションに用いた各パラメータ値	45
3.2	合流パターン 1 の場合の初期位置	46
3.3	合流パターン 2 の場合の初期位置	49
3.4	合流パターン 3 の場合の初期位置	52