

高度デマンド信号制御方式

今井 洋介[†]

加藤 泰典^{†*}

長谷川孝明[†]

Advanced Demand Signals Scheme

Yosuke IMAI[†], Yasunori KATO^{†*}, and Takaaki HASEGAWA[†]

あらまし 本論文では、シームレスかつリアルタイムな路車間通信を用いた高度デマンド信号制御 (Advances Demand Signals: ADS) 方式の提案をしている。まずミクロスコピックな交通流シミュレータの構築をし、ADS 方式の性能に影響を与える各種パラメータの詳細な検討が行われている。それに基づき、従来の固定的な信号制御方式との性能比較をし、ADS 方式の有用性が示されている。

キーワード ITS, ADS, 交通信号制御, 路車間通信

1. ま え が き

近年の交通状況の悪化に伴い、渋滞、排気ガス、騒音などが深刻な社会問題となっている。特に交差点に起因する交通状況の悪化は非常に深刻である。道路の拡張や新設、立体交差の設置などによって緩和が期待されるが、施設面の拡張は用地確保、建設にばく大な費用と時間が必要とされる上、大都市圏では都市機能の集中化のため需要を完全に満足するような道路建設は困難である。そこで、交通信号機の制御を改善することにより、交通状況を改善する手法が広く提案され、様々な研究が行われている [1] ~ [5]。しかし、それらの多くは、局所的・統計的に最適であるが、シームレスかつリアルタイムな個々の車両の位置情報をもとに交通信号を適応的に制御する制御方式はほとんど検討されていない。

一方、安全・快適・効率的な交通システムを作ることとを目的とした高度交通システム (Intelligent Transport Systems: ITS) [6] が注目され、道路環境の悪化を道路交通システムの「情報化」, 「知能化」により解決しようとする取組みが広く行われている。その取組みの一つに車両と路側がシームレスかつリアルタイムな路車間通信を実現するための研究 [7] が行われてお

り、将来実現可能となることが予想される。

そこで本論文では、交通信号から一定距離以内の車両が、シームレスかつリアルタイムな路車間通信を用いて、交通信号に車両の走行情報を時々刻々送信し、その情報を車両からのデマンドとして交通信号を制御する、高度デマンド信号制御 (Advances Demand Signals: ADS) 方式を提案する。まず仮想的な道路環境を実現したミクロスコピックな自立走行型交通流シミュレータを構築し ADS の基本性能について定量的に検討を行う。更に検討により得られたパラメータを用い、従来の固定的な交通信号制御方式と性能比較を行う。

2. ADS 方式の提案 [8] ~ [10]

ここでは提案する ADS 方式について述べる。本方式は交通信号から一定距離以内の車両が、シームレスかつリアルタイムな路車間通信を用いて交通信号に車両の走行情報を時々刻々送信し、その情報を車両からのデマンドとして交通信号を制御する方式である。ここでの車両の位置情報は各車両が GPS や PN 符号化磁気マーカ [11], [12], M-CubITS [13] などのポジショニングシステムを利用して得られるものとする。各車両の交差点の中心からの距離の逆数をデマンドとして、各交差点において次式に基づき処理を行う。

$$f_i^m = \sum_j \frac{1}{(d_{i,j}^{(m)})^n} + c_+^{(m)} \sum_j \frac{1}{(d_{i+1,j}^{(m)})^n}$$

[†] 埼玉大学工学部, さいたま市

Department of Electrical and Electronic Systems Engineering, Saitama University, 225 Shimoookubo, Sakura-ku, Saitama-shi, 338-8570 Japan

* 現在, 三菱電機株式会社

$$+c_{-}^{(m)} \sum_j \frac{1}{(d_{i-1,j}^{(m)})^n} \quad (1)$$

$$f_i^c = \sum_j \frac{1}{(d_{i,j}^{(c)})^n} + c_{+}^{(c)} \sum_j \frac{1}{(d_{i+1,j}^{(c)})^n} + c_{-}^{(c)} \sum_j \frac{1}{(d_{i-1,j}^{(c)})^n} \quad (2)$$

$$f_i = f_i^{(m)} - f_i^{(c)} \quad (3)$$

・ f_i^m : 交差点 i における幹線方向の通信範囲内を走行中の車両のデマンドの総計

・ f_i^c : 交差点 i における交差方向の通信範囲内を走行中の車両のデマンドの総計

・ $d_{i,j}^{(m)}$: 信号 i に向かう幹線方向の車両 j の交差点との相対距離

・ $d_{i,j}^{(c)}$: 信号 i に向かう交差方向の車両 j の交差点との相対距離

・ $c_{+}^{(m)}, c_{-}^{(m)}, c_{+}^{(c)}, c_{-}^{(c)}$: 隣接交差点の交通信号機の連携を考慮するための連携係数

$$c_{+} = \begin{cases} c, i+1 \text{ 番目の同方向の信号が青のとき} \\ 0, \text{その他} \end{cases}$$

$$c_{-} = \begin{cases} c, i-1 \text{ 番目の同方向の信号が青のとき} \\ 0, \text{その他} \end{cases}$$

・ n : デマンドの重みを車両の位置により変えるデマンド関数中の次数

式 (1), (2) より求めた各方向のデマンドを式 (3) を用いて、デマンドの強い方向に通行権を割り当てる。式 (3) の f_i が正の場合には幹線方向に、負の場合には交差方向に通行権を割り当てる。

しかし、式 (1), (2), (3) だけでは、交通状況により頻繁に通行権が割り当てられる方向が変わる可能性があり、その結果交通流が滞ることがある。そこで一度通行権を割り当てると、一定時間現示を変えないという最小現示保持時間を導入する。また本論文では赤現時の全赤時間 1 秒、全黄時間を 3 秒とする。

本方式は、停止線で止まってから車両を感知する感應式とは異なり、交差点進入前から 1 秒間隔で全体のバランスを考慮してデマンドの計算を行うため、1 台 1 台の瞬間的なデマンドと全体としてのデマンドが同時に考慮されている方式といえる。すなわち、車両からの制御により瞬時瞬時必要に応じ信号を制御する性質をもっており、短時間における交通状況の変化に柔軟に対応することができると考えられ、低交通流時に

おける不要な確率的停止（ドライバにとって無駄と感じる停止時間）が、後述するように大幅に解消される。例えば、夜間の帰宅時などに信号現示に従いながらほとんど不要停止のない世界が実現されることを意味しており、運転者の「急ぎ心」に対応可能な方式であるといえる。

更に路車間通信を用いるため、ADS 方式に公共車両や緊急車両の情報を含めることにより、容易に対応が行える。また車両情報に右左折などの情報を含めることにより、右折矢印などの現示の決定にも役立てることができる。また、自車ポジショニング装置と通信装置を搭載するのみでよく、現行の信号機からシームレスに移行可能である。

また、黄信号や赤信号の点滅を、ADS 方式を用い点灯させることで出会い頭の衝突を回避することも期待される。

3. シミュレーションモデル

3.1 道路・車両モデル

本論文で用いる道路環境は、三つの信号設置交差点を含む一般道路で、幹線道路と三つの交差道路からなる仮想的な環境である（図 1）。幹線方向は 2 車線の双方向道路、交差道路は 1 車線の双方向道路である。交通信号は、停止線上にあるとする。道路幅を 5 m とし、停止線から直交する道路の路肩までの距離を 4.5 m、交通信号機の高さを 5.5 m とする。

車両は、すべて乗用車とし、車両高：1.4 m、車両幅：1.7 m、車両長：4.5 m、ドライバーの視線高：1.2 m、ドライバーの視線から前方バンパーまでの長さ：1.9 m とする。

3.2 自立走行型運転モデル

各車両には運転者が乗車しており、運転者が周囲の交通状況进行判断し、運転するものとする。ここでいう

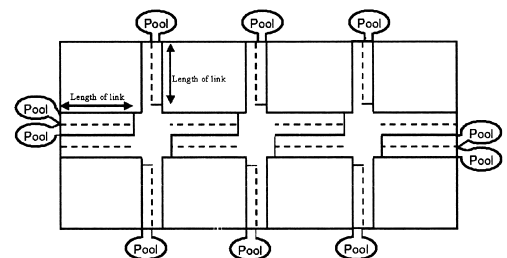


図 1 道路モデル
Fig. 1 Road model.

交通状況とは他車両との車間距離や停止線までの距離のことであり、他車両や障害物により状況を把握できないということはないものとする。また運転者は、同じ状況では同じ判断をするものとする。

本シミュレータの基本車両動作は文献 [14],[15] を参考とし右左折、車線変更を加えることで実現している。

対象地域への車両の進入はポアソン生起に従うものとする。対象地域外では理想的な走行環境が保たれているとして、速度に応じて対象地域へ進入する際の最低車間距離を設け、最低車間距離以内で車両が進入する場合には、図 1 に示す車両プールで待機し、最低車間距離確保後に進入するものとする。その際、異常接近などにより一時的に車両プールにとどまるが、ポアソン生起の平均値は変わらず、車両は湧出する。

また各車両にはドライバーが状況を判断してから車両の挙動として現れるまでの遅延を導入している。車両停止時から発進する際に、遅延時間として、平均 0.8 s 、標準偏差 0.5 s の正規分布で与えられ、最小 0.5 s 、最大 1.1 s で打ち切るものとする。

右左折は各リンクに車両が進入時に右折、左折 10% の確率で実行が決定される。車線変更は、リンク進入時に次の交差点で右左折する車両が、右左折をできる車線にいない場合に実行が決定される。また、右折車両により直進を妨げられるのを避けるため、右折車線上の直進車両の 20% の確率で車線変更の実行が決定される。車線変更中の横変位は 1 m/s 、 0 m/s^2 とする。ただし、ドライバーが車線変更をできないと判断し、かつ交差点に近づきすぎた際には、右左折、車線変更ともに中止する。

3.3 評価指標

本論文で用いる ADS 方式では、ドライバーの運転時における「快適さ」・「いかに不要な停止時間を少なくするか」を評価の基準とする。車両走行における全時間は大きく分けて「走行時間」と「停止時間」からなり、「走行時間」は対象エリアの大きさ（通過距離の長さ）や信号設置密度により大きく左右される。更に、ドライバーの興味としては実際の通過時間が有効な評価指標であるが、上記のような「快適さ」の指標としては「停止時間」で比較することが適当であると考えられる。そのため運転時において不快と感じる、低速時間を含む極低速走行時間を主たる評価指標とする。しかし、車両の動作モデルは種々存在し、低速走行時間は車両の動作モデルによる影響が大きい。そのため、快適さの指標として適当と思われ、また動作モ

デルの違いによる影響をより少なくするため、 2 m/s 以下の走行時間を主たる評価指標とする。以降 2 m/s 以下の走行時間をアイドリング時間とし、対象地域に侵入した 4000 台の車両の平均アイドリング時間で評価を行う。

4. 性能評価

本章では ADS 方式において、その性能に影響を及ぼす各種パラメータについて詳細に検討をし、従来の固定的な信号制御システムとの比較を行う。なお、本論文では結果の図の一例のみしか載せていないが、本論文内にて検討しているすべてのパラメータの組合せについて、検討を行ったものである。以下に、ADS 方式における各種パラメータについて簡単に説明する。

- ・リンク長 (L) [m]: 交通信号機間における走行車線の停止線から対向車線の停止線までの距離。
- ・通信距離 (T) [m]: 交通信号機からの通信距離。ただし最大でもリンク長までとする。
- ・連携係数 (c): 隣接交差点の交通信号機の連携を考慮するための係数。
- ・デマンド関数の次数 (n): デマンドの重みを車両の位置により変える次数。
- ・平均車頭間隔 [s]: 対象地域への 1 車線当りの車両の平均進入間隔。
- ・最小現示保持時間 [s]: 交通信号機の青現示を一定期間保持する時間。

4.1 連携係数の検討

本節では最適な連携係数を求めるために、連携係数を $0, 0.2, 0.5, 0.8, 1.0$ と変え、ほかのパラメータを変更した場合の検討を行う。リンク長を 100 m 、 300 m 、 500 m とし、通信距離は 50 m 、 100 m 、 300 m 、 500 m とする。デマンド関数の次数 n は $0, 0.3, 1, 3, 5, 10$ とし、最小現示保持時間を 0 s 、 2 s 、 8 s 、 10 s 、 20 s 、 40 s 、 80 s 、 120 s とした場合の平均車頭間隔ごとの検討を行う。

この結果、連携係数によらず、平均車頭間隔が短いときには、最小現示保持時間が短い方が平均アイドリング時間は短くなることが分かった。しかし、平均車頭間隔が長く、かつ最小現示保持時間が非常に短いときには、信号現示が頻繁に変わり、交通流が滞ってしまい、逆に平均アイドリング時間が長くなることが分かった。

次に各条件の平均車頭間隔で、上記の検討より最適な最小現示保持時間を選び、リンク長、通信距離、デ

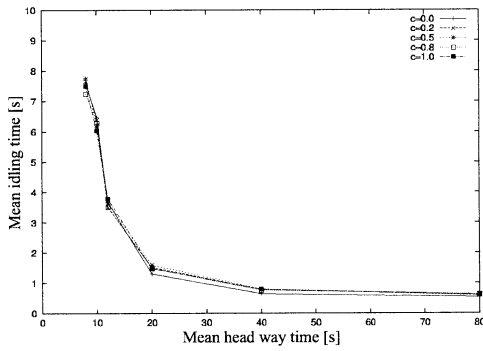


図 2 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 100 m, デマンド関数の次数 $n = 0$)

Fig. 2 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 100 m, Order of demand function $n = 0$).

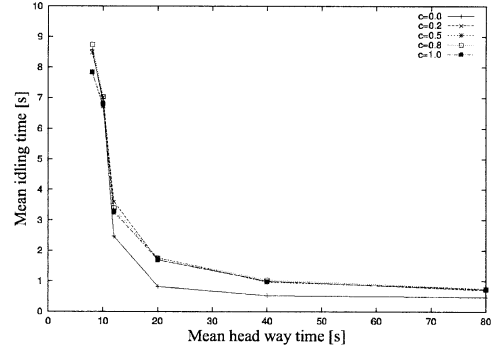


図 5 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 100 m, デマンド関数の次数 $n = 3$)

Fig. 5 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 100 m, Order of demand function $n = 3$).

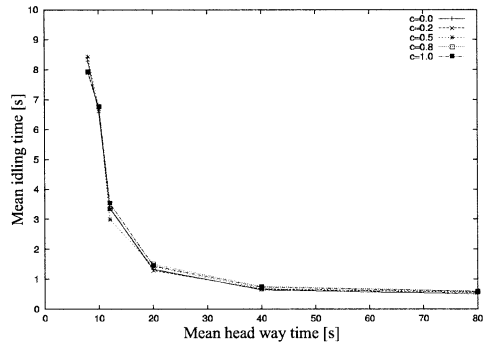


図 3 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 100 m, デマンド関数の次数 $n = 0.3$)

Fig. 3 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 100 m, Order of demand function $n = 0.3$).

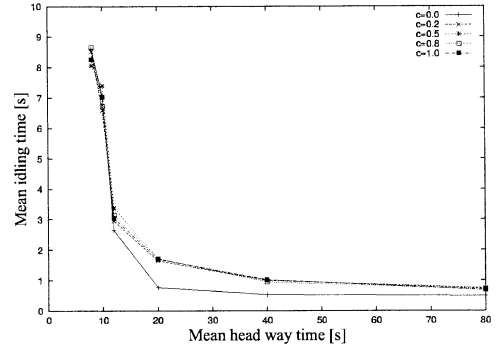


図 6 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 100 m, デマンド関数の次数 $n = 5$)

Fig. 6 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 100 m, Order of demand function $n = 5$).

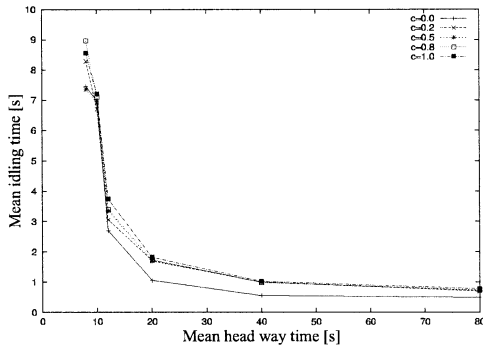


図 4 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 100 m, デマンド関数の次数 $n = 1$)

Fig. 4 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 100 m, Order of demand function $n = 1$).

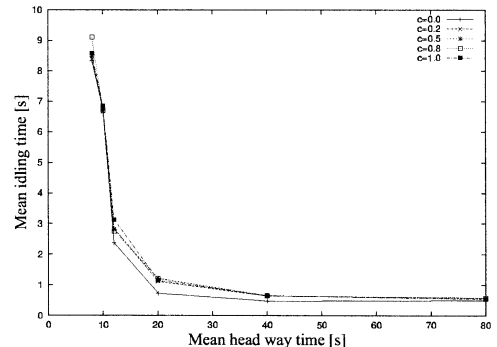


図 7 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 100 m, デマンド関数の次数 $n = 10$)

Fig. 7 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 100 m, Order of demand function $n = 10$).

マンド関数の次数による、連携係数と平均アイドリング時間の関係の一例を図 2～図 7 に示す。この結果、どの条件においても連携係数が 0 の場合、平均アイドリング時間は短い、若しくは同等の性能である。同様な結果がその他すべての場合にも得られている。これより連携係数はどのパラメータにも依存せず、0 が最適となることが示された。

以降連携係数は 0 として評価を進める。連携係数 0 というのは明示的な連携をする必要がなく、隣接信号の現示は通信範囲内を通過する車両によって、自己的同期がとられていると考えられる。すなわち自己同期式の信号制御である。したがって独立した一つの交差点のみの考慮で全体としても最適な性能が得られ、たとえ隣接する二つの信号間に新たに信号を設置する際にも、同じアルゴリズムの信号機を設置するだけでよく、局所最適解が全体最適解となる。これは従来方

式と大きく異なる点である。

4.2 デマンド関数の次数 n とリンク長、通信距離の検討

本節では、デマンド関数の次数 n による、通信距離とリンク長の関係を求めるために、デマンド関数の次数 n を 0, 0.3, 1, 3, 5, 10 と変更した場合の検討を行う。まずリンク長を 100 m, 300 m, 500 m, 通信距離を 50 m, 100 m, 300 m, 500 m と変え、各条件の平均車頭間隔において、測定した条件の中で最適な最小現示保持時間を決定する。この結果によるリンク長、デマンド関数の次数 n による通信距離と平均アイドリング時間の関係の一例を図 8～図 13 に示す。

この結果、デマンド関数の次数 n が 2 以上でかつ通信距離が 100 m 以上ではリンク長や通信距離にほとんど依存せず、 n が 1 より小さいと通信距離による影響が大きく通信距離は 50～100 m が適切であることが

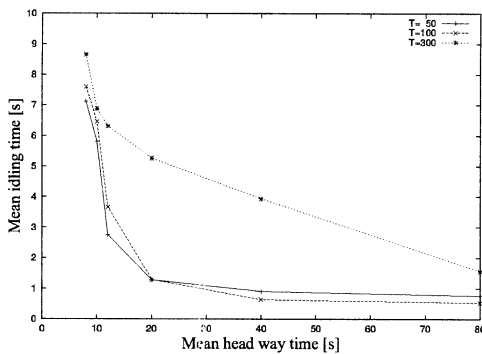


図 8 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, デマンド関数の次数 $n = 0$)

Fig. 8 Mean idling time property (Link length = 300 m, Order of demand function $n = 0$).

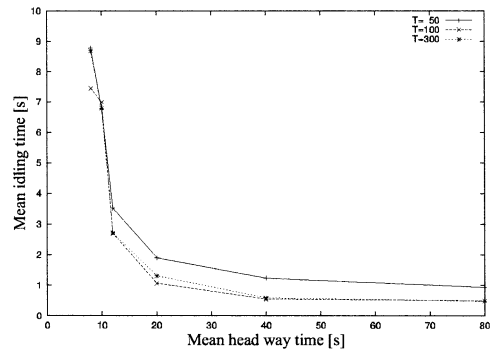


図 10 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, デマンド関数の次数 $n = 1$)

Fig. 10 Mean idling time property (Link length = 300 m, Order of demand function $n = 1$).

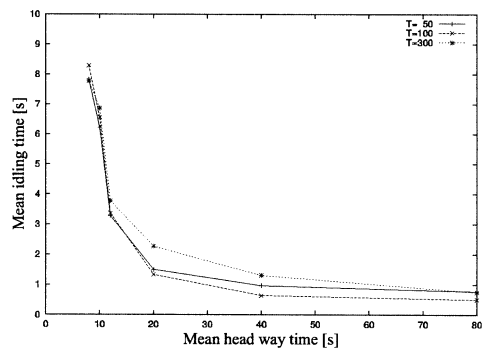


図 9 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, デマンド関数の次数 $n = 0.3$)

Fig. 9 Mean idling time property (Link length = 300 m, Order of demand function $n = 0.3$).

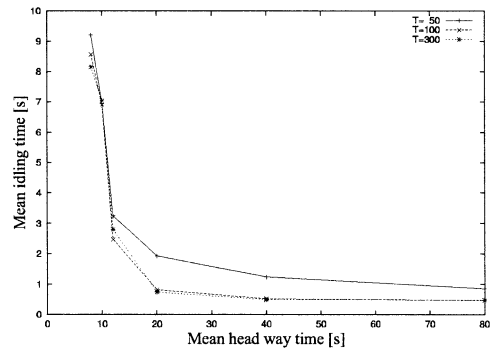


図 11 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, デマンド関数の次数 $n = 3$)

Fig. 11 Mean idling time property (Link length = 300 m, Order of demand function $n = 3$).

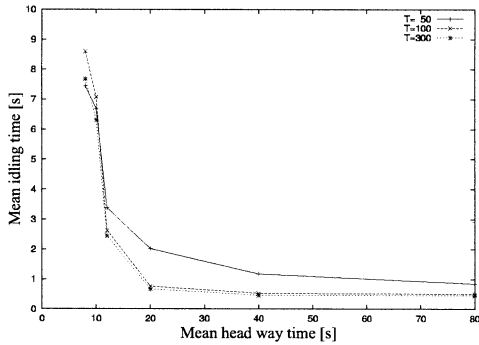


図 12 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, デマンド関数の次数 $n = 5$)

Fig. 12 Mean idling time property (Link length = 300 m, Order of demand function $n = 5$).

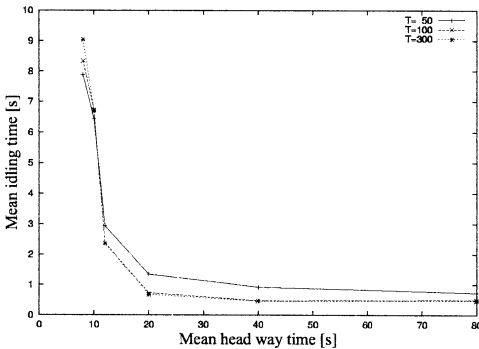


図 13 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, デマンド関数の次数 $n = 10$)

Fig. 13 Mean idling time property (Link length = 300 m, Order of demand function $n = 10$).

分かった。

次にリンク長, 通信距離によるデマンド関数の次数と平均アイドリング時間の関係の一例を図 14 ~ 図 16 に示す。

この結果, 通信距離が 50 m のときに全体として性能が劣っている。また通信距離が 100 m 以上となると, n が 3 以上となるとほぼ同様の性能が得られている。そこで, リンク長, 通信距離 (100 m 以上), 平均車頭間隔による, デマンド関数の次数の検討を行った結果の例を図 17 に示す。これより n が 3 以上となるとほぼ一定の値に収束するが, 全体として n は 3 が準最適であることが示された。以降, デマンド関数の次数 n は 3 とする。

ここで, デマンド関数の次数を変化させることによる実際の計画における投資額について検討を行う。デマンド関数の次数 n が 0 の場合, 通信エリア内の車

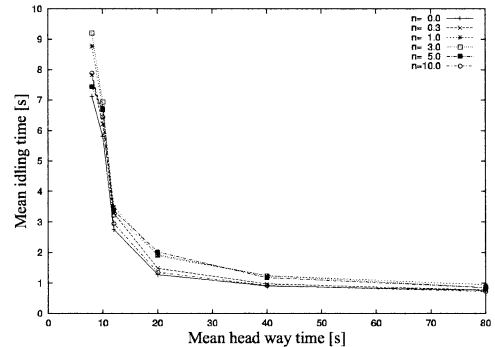


図 14 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 50 m)

Fig. 14 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 50 m).

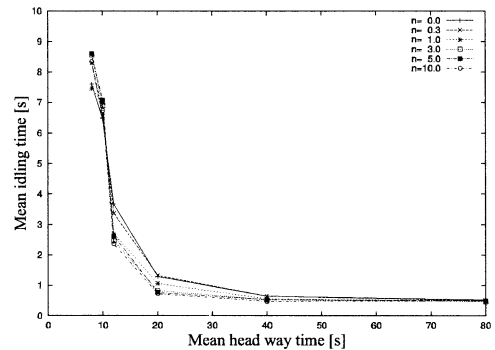


図 15 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 100 m)

Fig. 15 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 100 m).

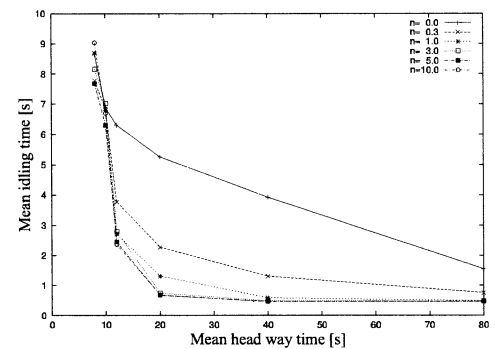


図 16 平均アイドリング時間特性 (リンク長 300 m, 通信距離 300 m)

Fig. 16 Mean idling time property (Link length = 300 m, Communication range = 300 m).

両の位置によるデマンドの重み付けは行わず, 車両の存在台数のみをデマンドの計算に用いることを意味

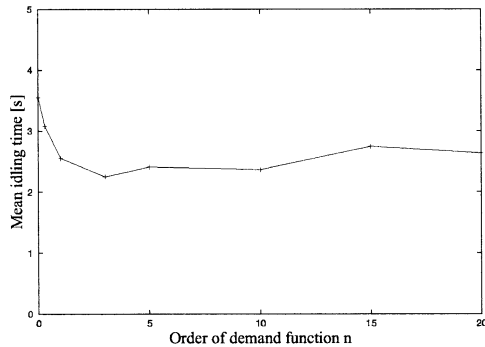


図 17 リンク長 300 m, 通信距離 100 m におけるデマンド関数の次数 n の検討

Fig. 17 Mean idling time property vs Order of demand function n (Link length = 300 m, Communication range = 100 m).

し、これは通信エリア内の進入地点と交差点直前の 1 組 (二つ) のトラヒックカウンタで代用が可能である。この場合、車載通信機器を含めた路車間通信は不要であり、投資が小さなものとなる。一方、デマンド関数の次数 n が 0 より大きく 2 程度までのときは、車両の位置によるデマンドの差が少ないため、広い範囲に路車間通信装置、ポジショニング装置の整備をする必要がある。更に、デマンド関数の次数 n が 3 以上のときは、交差点付近の車両のデマンドの重みが極めて強いため、事実上交差点近傍の通信とポジショニングにその性能は依存する。この場合、インフラの投資は、 n が 0 より大きく 2 程度までのときに比べ小さなものとなることが予想される。更に交差点付近の車両情報を、通信系ではなく画像センサなどにより得る方法も考えられ、総投資額 (インフラの整備 + 全車両の通信機器・ポジショニング装置) の観点から有効であると考えられる。

通信距離については 50 m のときに多少であるが性能が劣ることを考慮すると 100 m 以上が望ましく、また n が 2 以上でかつ通信距離が 100 m 以上ではリンク長や通信距離にほとんど依存しないことより、実システムへの導入を考え、以降通信距離は 100 m として評価を進める。

4.3 最小現示保持時間と平均車頭間隔の検討

ここまで、最小現示保持時間は各平均車頭間隔において、検討の範囲内で最適な値を選び検討を進めてきたが、本節では最適な最小現示保持時間を求めるために、最小現示保持時間と平均車頭間隔の検討を行う。リンク長を 100 m, 300 m, 500 m とし、最小現示保

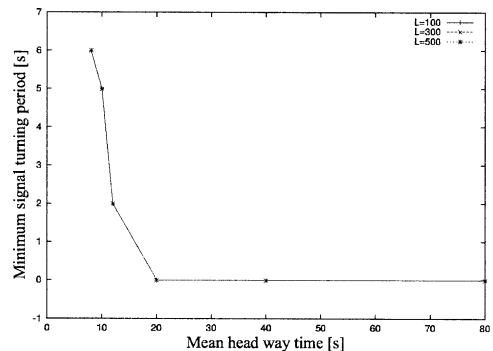


図 18 各リンク長における最小現示保持時間と平均車頭間隔の関係

Fig. 18 Mean minimum signal turning period vs Mean head way time.

持時間を 0 s, 2 s, 4 s, 5 s, 6 s, 8 s, 10 s, 12 s, 15 s, 20 s, 40 s, 80 s と変更したときの、平均車頭間における平均アイドリング時間の検討を行った。この結果より、各平均車頭間隔において最適な最小現示保持時間を選び、各リンク長における最小現示保持時間と平均車頭間隔の関係を図 18 に示す。

これより、最小現示保持時間は平均車頭間隔が 8 s のような高車両密度時には、その時々交通状況により多少の影響はあるが、基本的に平均車頭間隔にのみ依存することが分かった。つまり、リンク長、通信距離の影響は受けず、最小現示保持時間は平均車頭間隔による曲線で統一的に表せることが示された。

4.4 従来交通信号制御方式との比較

本節ではリンク長を 100 m, 300 m, 500 m とし、ADS 方式と従来の固定的最適信号制御方式の性能比較を行う。ここまでの検討により、ADS 方式における各種パラメータは最適なものが検討されており、ここでは検討により得られたパラメータを用いるものとする。また従来の信号制御方式についてはオフセットが 0 s で周期が等しいものとし、サイクルを 16 s, 24 s, 44 s, 164 s, 244 s とし、各平均車頭間隔で最適なサイクルを選択するものとする。図 19 ~ 図 21 に性能の比較を示す。

この結果、ADS 方式はほぼどの平均車頭間隔においても優れており、平均車頭間隔が長いほど効果が大きく、平均車頭間隔が 80 s の場合には 85 ~ 90% の平均アイドリング時間が削減されていることが示された。また平均車頭間隔が短いときにも、固定的な最適信号制御システムと比較して、同等若しくはそれ以上の効

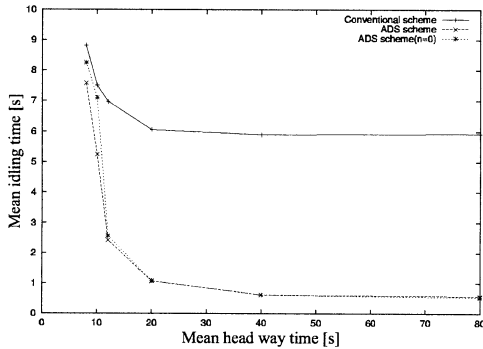


図 19 リンク長 100 m のときの従来方式，ADS 方式，ADS 方式 ($n = 0$) の性能比較

Fig. 19 Performance comparison of the conventional scheme and two ADS schemes (Link length = 100 m).

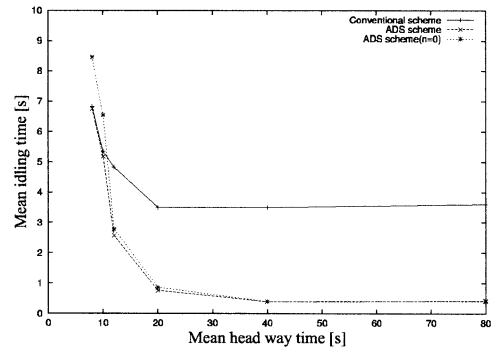


図 21 リンク長 500 m のときの従来方式，ADS 方式，ADS 方式 ($n = 0$) の性能比較

Fig. 21 Performance comparison of the conventional scheme and two ADS schemes (Link length = 500 m).

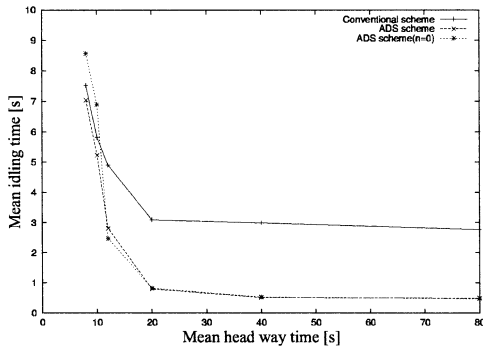


図 20 リンク長 300 m のときの従来方式，ADS 方式，ADS 方式 ($n = 0$) の性能比較

Fig. 20 Performance comparison of the conventional scheme and two ADS schemes (Link length = 300 m).

果が示された。

また，図 19～図 21 にデマンド関数の次数 $n = 0$ ，通信距離を 100 m としたときの ADS 方式の結果を併せて示し，性能の比較を行う。ここでデマンド関数の次数 $n = 0$ とは，4.2 で述べたように，対象エリア内の瞬時瞬時の車両台数をデマンドとすることを意味し，個々の車両の瞬時瞬時の位置情報は必要としない。図 19～図 21 より，最適な ADS 方式に準ずる性能が得られ，従来の固定的最適信号制御システムと比較しても，優れた性能が得られていることが分かる。つまり車両からの通信を必要とせず，現行のトラフィックカウンタを交差点より 100 m の地点と，交差点流入部直前に設置し，対象エリア内の車両存在台数（デマンド）を瞬時瞬時に路側で把握することで，本研究で得られ

たパラメータを使用し，交通信号を制御することで大幅なアイドリング時間の削減ができるということが示された。

5. む す び

本論文では，シームレスかつリアルタイムな路車間通信を用いた高度デマンド信号制御方式の提案をし，従来の交通信号制御方式との比較を行った。

ADS 方式における各種パラメータの詳細な検討を行い，得られた準最適なパラメータを用いた ADS 方式と，従来の固定的な最適信号制御方式と比較を行ったところ，ADS 方式はほぼどの平均車頭間隔においても優れており，平均車頭間隔が長いほど効果が大きく，平均車頭間隔が 80 s の場合には 85～90% の平均アイドリング時間が削減された。また平均車頭間隔が短い場合にも，固定的な最適信号制御システムと比較して，同等若しくはそれ以上の効果が得られ，ADS 方式の有用性が示された。

またデマンド関数の次数 n を 0 としたとき，通信距離を 100 m とすれば最適な ADS 方式に準ずる性能が得られている。デマンド関数の次数 n が 0 とは，対象エリア内の瞬時瞬時の車両台数をデマンドとすることを意味し，個々の車両の瞬時瞬時の位置情報は必要としない。つまり車両からの通信を必要とせず，現行のトラフィックカウンタを交差点より 100 m の地点と，交差点流入部直前に設置し，対象エリア内の車両存在台数（デマンド）を瞬時瞬時に路側で把握することで，本研究で得られたパラメータを使用し，交通信号を制御するだけで大幅なアイドリング時間の削減ができる

可能性を示した。

今後現実的な実現システムの検討を行うにあたり、4.1 より連携係数が 0 の場合に（準）最適な性能が得られ、明示的な連携をする必要がなく、系統制御や面制御の必要はないことが期待される。また、本方式は交差点進入前から 1 秒間隔で全体のバランスを考慮してデマンドの計算を行う方式のため、系統式信号制御や面制御との親和性についても良いものと期待される。しかしながら、これらについては条件を詳細に設定し大規模なシミュレーションによる定量的な検証が必要である。

以上より今後の課題として、現実的な実現システムの検討のため ADS 車載器の未搭載車両混入時の評価、及び、ADS 方式導入時の系統式信号制御や面制御の必要性、ADS 方式と系統制御や面制御との親和性、歩行者への対応などを行う。

文 献

- [1] 小林雅文, 山本豊俊, “最近の海外信号制御方式,” 交通工学, vol.27, no.3, 1992.
- [2] 時崎賢二, “交通工学の応用—第一線の技術者のために (4) 交通流の管理,” 交通工学, vol.16, no.2, pp.37-46, 1981.
- [3] 竹内伝史, 本多義明, 青島縮次郎, 交通工学, 鹿島出版会, 1986.
- [4] 笠原 篤, 交通システム工学, 共立出版, 1993.
- [5] 山川新二, 自動車の交通環境調和技術, 朝倉書店, 1997.
- [6] 森地 茂, 川嶋弘尚, 奥野卓司, ITS とは何か—情報革命とクルマ社会, 岩波書店, 2000.
- [7] 保泉秀明, 長谷川孝明, “シームレスで高速な路車間通信システムの検討,” 信学技報, ITS2000-51, 2000.
- [8] 加藤泰典, 長谷川孝明, “車両により制御される交通信号—交通信号のパラダイム変換,” 信学技報, ITS2000-33, Sept. 2000.
- [9] 加藤泰典, 長谷川孝明, “高度デマンド信号制御方式の効果について—ADS における最小現示保持時間,” 信学技報, ITS2000-50, March 2001.
- [10] Y. Kato and T. Hasegawa, “Effects of advanced demand signals scheme,” IEEE 54th Vehicular Technology Conference, T18-3, Oct. 2001.
- [11] 金 帝演, 長谷川孝明, “PN 符号化磁気マーカの再引き込みと交差点での適用について,” 信学技報, ITS2002-13, July 2002.
- [12] 長谷川孝明, アリ ウィッド, “PN 符号化磁気マーカを用いた車両ポジショニングシステムについて,” 信学技報, SANE98-7, April 1998.
- [13] 長谷川孝明, “ITS プラットフォーム “EUPITS”,” 信学技報, ITS2003-8, May 2003.
- [14] 後藤幸夫, 駒谷喜代俊, 福田富生, “自立走行型走行モデルによる道路交通シミュレータの開発,” 電気学会産業応用部門誌, vol.116, no.5, pp.569-577, 1996.
- [15] 後藤幸夫, 古澤春樹, 福田富生, “道路交通シミュレーションシステム “MELROSE”,” 三菱電気技術報告, vol.70,

no.12, pp.73-77, 1996.

(平成 16 年 1 月 20 日受付, 6 月 19 日再受付,
9 月 1 日最終原稿受付)



今井 洋介

平 15 埼玉大・工・電気電子システム工
卒。在学中 ITS に関する研究に従事。



加藤 泰典 (正員)

平 12 埼玉大・工・電気電子システム工
卒。平 14 同大学院博士前期課程了。同
年三菱電機(株)入社。以来、次世代通信
システムの研究・開発に従事。現在、同社
情報技術総合研究所無線通信技術部勤務。
在学中 ITS に関する研究に従事。



長谷川孝明 (正員)

昭 56 慶大・工・電気卒。昭 61 同大
大学院博士課程了。同年埼玉大・工・電気助
手。現在、同電気電子システム工学科助教
授。工博。平 7~8 カナダ・ビクトリア大
客員研究員。人から人へ、人から機械へ、
の本質的な情報通信を行うための技術及び
人の移動のための技術に興味をもつ。これまでスペクトル拡散
通信システム, CDMA, ニューラルネットとその情報システム
への応用, 画像入力マイクロホンなどの人間の意思伝達を含む
情報通信の方式・情報と信号の処理の研究に携わる。近年は、
ITS 実現のための新しい情報通信パラダイムやポジショニング
システム, 意思伝達を含む新しい情報通信工学を模索している。
平 2 年度本会篠原記念学術奨励賞受賞, 著書「スペクトル拡
散技術の基礎と応用」(分担執筆), 「プライマリー C 言語ノー
ト」, 「モバイル・コンピューティング教科書」(分担執筆)など。
IEEE, 情報理論とその応用学会, 国際交通安全学会, 情報処
理学会各会員。