

和文要旨：本報告は、「Tottori-ITS (T-ITS) による環境保全と快適な環境の創造に関する研究」というテーマに対して交付された、鳥取県環境学術研究助成金で行った研究の中間報告が主体である。研究の流れは、1) 鳥取 ITS のコンセプト構築、2) コンセプト評価手段の確立と構築した鳥取 ITS のコンセプト評価である。本中間報告は主に 2) の評価手段に関する報告である。すなわち、コンセプト評価に使用するミクロ交通流シミュレータのハード・ソフト環境の構築、シミュレータ適用性の検討、得られた結果と政策反映可能なポイントについて述べている。得られた主な結果は次のとおりである。ミクロ交通流シミュレータの適用対象として白兔海岸の国道 9 号線の渋滞を対象としてシミュレーションを行ったところ、現地の渋滞は交通量過多による自然渋滞であることが分かり、渋滞解消策としての信号制御に工夫の余地があることなどが明らかになった。結果として本シミュレータはコンセプト評価に使用できることが分かった。

【キーワード】 鳥取、ITS、交通流シミュレータ、渋滞、シミュレーション、オフセット制御

Abstract : This report is a midterm report of a study sponsored by Tottori prefecture regard to Intelligent Transport Systems of Tottori. This study consists of two major parts. One is to build a concept of Tottori-ITS. The other is evaluation of the concept using an appropriate traffic simulator. This report mainly concerns the latter part. A microscopic traffic simulator is introduced to investigate the ability of the evaluation of the concept. To do this a simulation of the congestion along a portion of the road of route 9 called Hakuto beach. Simulation results using the microscopic traffic simulator reveals that the congestion could be reduced if an adaptive offset control of traffic signals along the road is introduced. As a result a potential of the microscopic traffic simulator to evaluate the concept is shown.

【Keywords】 Tottori-ITS, Microscopic traffic simulator , Simulation of congestion ,Adaptive offset control

1 . ミクロ交通流シミュレータの構築

1 - 1 ミクロ交通流シミュレータのハードウェア

ミクロ交通流シミュレータのハードウェアとしては搭載ソフトと比較的親和性の良いハードを選定した結果、DELL 製の Dimmension4200 ベーシックモデルを選定し、ディスプレイとしては視認性の良い三菱電機製の RDT183S (18 インチ液晶 TFT) を選定した。なお、ハード、ソフトいずれも選定に当たっては時間効率を上げるため短時間でシステムを構築できることを考慮した。ミクロ交通流シミュレータの概観を図 1 に示す。

1 - 2 ソフトウェア環境

ソフトウェアとしては商品名

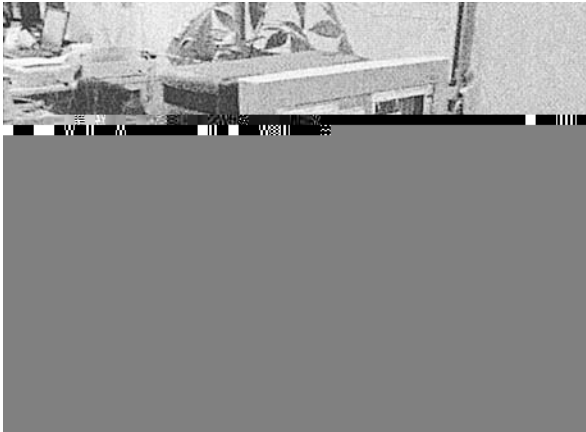


図 1 シミュレータの外観
Fig.1 Configuration of the traffic simulator

2. シミュレータ適用性の検討（白兔海岸の国道 9 号線の渋滞シミュレーション）

構築したシミュレータ環境の性能を検討するため、国道 9 号線の白兔海岸近傍で午前 7 時頃から 8 時頃まで毎日発生する交通渋滞をどの程度予測できるかを検討した。図 2 はシミュレーションを実施した道路ネットワークを示す。

浜村交差点から溝川交差点までの道路ネットワーク中で白兔海岸付近では、渋滞は毎朝 7 時 15 分頃から 8 時前後まで続き、その後解消するという。鳥取県警交通管制センターのご好意により、この時間の交通流データと信



図 2 シミュレーションを行った道路ネットワーク
Fig.2 Simulated road network

号機制御仕様を入手し、実際にシミュレーションを実施した。

図 3 は伏野交差点に入る国道 9 号線の東行き（鳥取方面）の車両の混雑状況を示した一例である。図中の個々の矩形はそれぞれ個々の車両を示している。伏野交差点の赤信号によって停止している車両や、ストップアンドゴーで進むのろのろ運転（団子運転）の状況が模擬できている（図 4 の状況に対応）。このとき、浜村交差点から溝川交差点（約 9 km）までの所要時間は、図 5 に示すように、20 分前後（1200 秒）近くになっており、現実に近い値を示している。なお、縦軸は秒で横軸は分の単位である。



図 3 伏野交差点に入る道路の渋滞状況
Fig.3 A simulated congestion on a road connecting Hushino intersection



図 4 実際の混雑状況
Fig.4 Actual traffic congestion



図 5 浜村交差点から溝川交差点までの所要時間



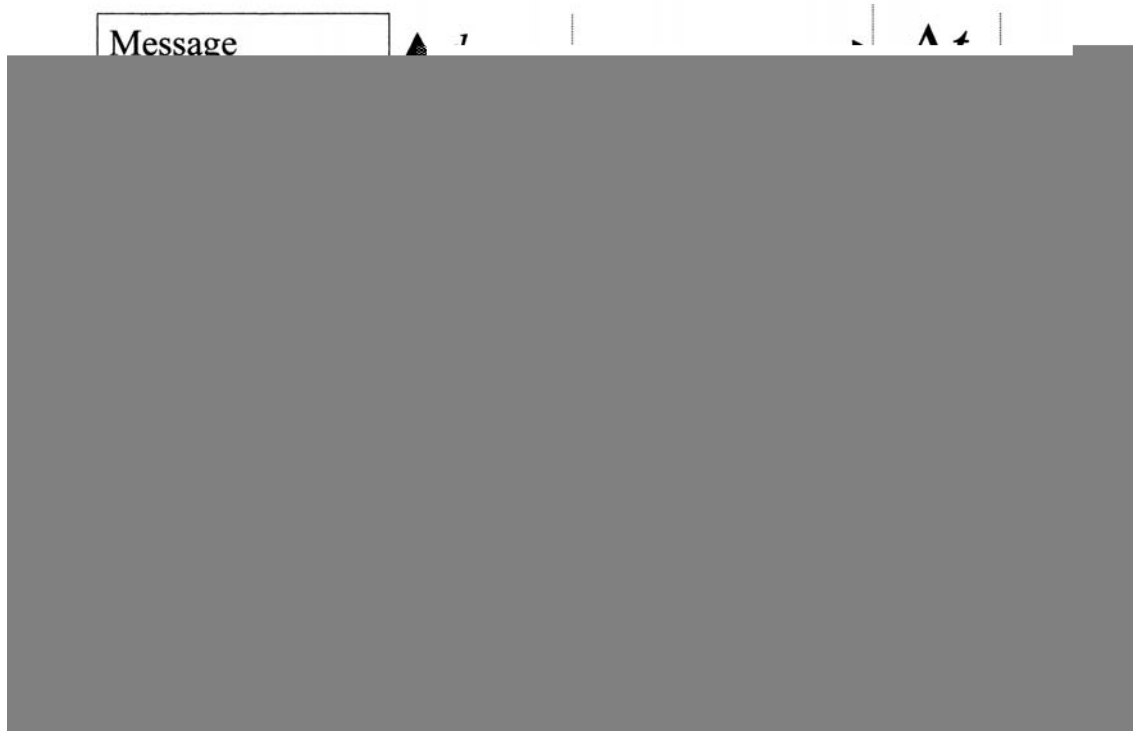


図7 情報提供による自然渋滞解消のコンセプト
Fig.7 A concept to reduce congestion by providing traffic informatoin

図6は伏野交差点につながる東行き道路上の車両群の距離-時間線図(D-T線図)を示している。縦軸は伏野交差点と一つ手前の交差点間の距離を、横軸は時間(分)を表している。したがって個々の線分は各車両の走行軌跡を示し、線の勾配は走行速度、線の間隔は車間距離(縦方向間隔)と車間時間(横方向間隔)を表す。したがって、線の間隔が詰まるほど車間距離が詰まっている状態(つまり渋滞)を示している。図中右の円内に示すの前車が停止しているため後続車も停止している(線の勾配が0)ことを示している。図中左の円内は後続車両がこなければ早く停止車両がなくなることを示しており、次に述べる筆者のコンセプトの可能性を暗示している。この図の場合は後続車両が一時的に無い(車両軌跡を表す線が無い)が、筆者のコンセプトは図7に示すように原点(図中 $d = 0$)より手前 $d = -d_1$ の地点で交通情報を流すことで、この図に似た状況を作り出すことに対応している。つまり、図中のの車に「先が渋滞なので推奨速度で走行するように」という走行情報を提供したとき、もしこのの車両がこの情報を信じて推奨速度で走行すれば、当該車両が原点付近に達するころには渋滞は解消している。したがっての車両は渋滞を経験することなく走行することが可能となり、燃費もよくなり、

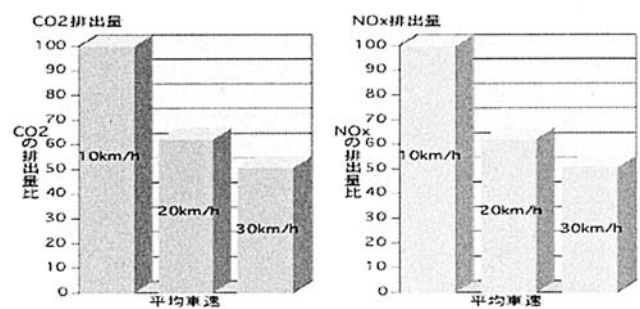


図8 平均車速とNO_xとCO₂排出量²⁾
Fig.8 NO_x and CO₂ emission vs average vehicle speed

窒素酸化物排出量も減少するのである。の車両にとっては渋滞がなくなった結果、渋滞があるときに比べて t 時間だけ短時間で走行できることもわかる。もちろんこの車両の燃費もよくなり、また、窒素酸化物排出量も減少するのである。渋滞で平均車速が遅くなると燃費が悪くなるとともに窒素酸化物の排出量が増えるのは図8に示すとおりである。

3. 得られた結果と政策反映可能なポイント

3-1 渋滞発生原因と解消策

9号線のこの一車線の区間では約1300台/時が走り、道路の飽和容量に近い状態になっている。このため、伏野交差点や末恒交差点の赤信号による車両の停車や、ゆっくり走る車両による低速走行によって団子運転が誘発される。問題の区間ではこれによって発生する自然渋滞が発生していると見てよい。このことをシミュレーション上で示しているのが図9である。同図は伏野交差点の一つ鳥取側（東側）の末恒交差点の信号を仮想的に除去したときの図6相当を示したものである。図6に比べて線分の密度が下がり、個々の線分の勾配が急になってい

ることが分かる。言い換えれば、道路の混雑が減り、車両は早く走行できるようになっていることが分かる。またこのときの平均旅行時間を図10に示す。図10では図5と縦軸の刻み幅が変わっているため、このときの浜村溝川間の平均旅行時間は約1000秒近くまでに短縮されている。

したがって、渋滞解消策としては費用が少ないと思われる順に時差通勤を実施し、車両の交通需要を減少させる。信号間のサイクルの位相差を実際の車両速度に応じて変える適応型オフセットを採用する（オフセットの基本コンセプトについては次節で説明する）。児童横断用の歩道橋を設置する。道路の拡幅工事やバイパス



図9 末恒交差点の信号を無くしたときのD-T線図
Fig.9 Simulated congestion when the signal at Suetsune is eliminated.



図 10 平均旅行時間
Fig.10 Averaged traveling time in the same condition of fig.10

を青信号になるようにオフセットを調整して、車両の流れをよくする信号制御のことである。図 11 において信号 A を通過してから次の信号 B に車が達するとき青信号にするためには、この信号 A が青信号になる時刻と、次の信号 B に車がついたとき信号 B が青信号になる時刻を車の走行時間だけずらさなければならない。この時刻差が最適オフセットである。本研究では図 11 に示すような二つの信号を考え、信号間距離をパラメータとして変更したときの車の旅行時間がオフセットに対してどのように変化するかをシミュレーションで計算した。なお、道路ネットワークは片道一車線である。

道路を建設する。などが考えられる。

解消策の有効性については説明の必要は無いだろう。

の有効性は、次節で述べるように信号間のオフセットが交通量に大きな影響を与えていることによっている（現在、伏野交差点は単独制御の押しボタン式信号）。問題の時間帯は学童の登校時間にあっており、学童が渡る歩道橋を設置すれば、横断のための赤信号が減少する）についても説明の必要は無いだろう。

3 - 2 オフセット設定の基本アルゴリズムについて

オフセットとはいわゆる信号間の位相差のことであり、よく言われる系統式信号とは、車両の走行に応じて信号

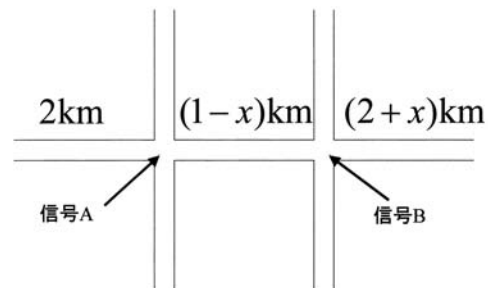


図 11 最適オフセット計算に用いたネットワーク
Fig.11 A road network for calculating optimum offset

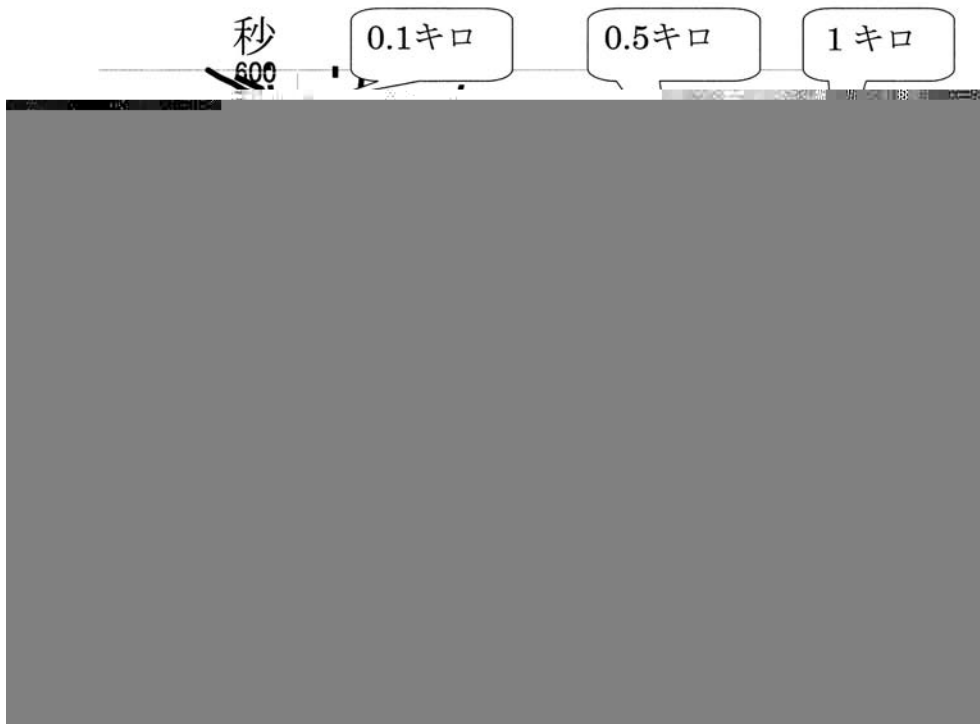


図 12 信号間距離と最適オフセットの関係
Fig.12 Calculated values of the optimum offset as a function of the distance between A and B.

結果の一例を図 12 に示す。信号間距離が 1km であってもオフセットには最適値があることが分かった。しかもオフセットが最適値であれば、信号機が一つしかないときの旅行時間に近い旅行時間が得られることも分かった。

図 12 でもう少し定量的に考えよう。同図によると信号がない場合（黒丸印）でも旅行時間は 420 秒を超えている。この場合車速を時速 60km/h に設定したから 5km 走る時間は 300 秒のはずである。この食い違いは車群速度を考えると説明できる。車群速度もまた D-T 線図からわかる。図 13 に信号 B 通過後の D-T 線図を示す。同図から明らかなように、線分の傾きが緩やかなでゆっくり走る車と、傾きが急で早く走る車のあることが分かる。さらに、傾きが緩やかな線分の後流にはいくつかの線分が集まり群としてゆっくり走る車群のできていることが分かる。この車群は一車線道路であるから発生するのだが、その車速が 60km/h よりも遅いため 300 秒より時間が長くなるのである。このシミュレーションでは設定車速に対して車両の速度のパラツキは 30 % の幅がある。したがって、旅行時間もオフセットもこの遅い車両の速度で決まっていることが分かった。これは言い換えれば、渋滞



図 13 一車線道路の D-T 線図
Fig.13 A D-T diagram

になるとオフセットも変更しなければ最適オフセットになりえないことを意味している。とくに一車線道路では速く走行する車両が遅く走行する車両を追い越せないため、オフセットの設定には遅い車両の速度を十分考慮す

ることが重要である。

オフセットの最適値は当然車速に依存する。すべての車両が同一の速度で走っている場合はオフセットの設定は簡単であるが、車両ごとに車速が異なる場合や渋滞で車速が変わるとそれに応じてオフセットを適応的に変化させてやらないと最適オフセットは得られないことが分かる。理論的には上述のとおりであるが、実際の信号制御においてオフセットを適応的に制御するには課題も多い。たとえば、交通量の変化に応じて車速が変わった時車速の変化に応じてどの程度の速さで適応的にオフセットを変化させればよいかや、平均車速をいかにして検出するかなどの課題がある。したがって適応的オフセット制御の実導入にあたっては今後の検討が必要である。

4. まとめ

以上、得られた知見をまとめた。今後さらに知見を得た上で鳥取 ITS の構築とその有効性の確認に適用する所存である。

なお、本研究は鳥取県環境学術研究補助金のもとに行われた。また、本研究に当って本学学生の石谷聡氏に多くのご助力を得た。ここに深謝する。

参考文献

- 1) 後藤、古澤、福田(1996)「道路交通流シミュレーションシステム」『三菱電機技報』Vol.70, No.12, pp.73-77
- 2) <http://www.jama.or.jp/>
- 3) <http://misc.kankyo-u.ac.jp/~washino>

(2002年12月11日受理)