面制御に関する一考察

京都大学　正員　米谷栄二
〃　〃　○奥谷　巌

1. はしがき　われわれは先にDynamic Programmingによる総待ち時間最小の規準からの最適面制御方式の決定について、基礎的な研究発表を行なった。しかしながら、この方法によっても対象街路網が大きくなってくると計算量は膨大となり、実際問題に適用するには大きな困難を伴なうという難点があった。これは一つにはD.P自身がもつ最適値探索法の敢えていえば欠陥ともう一つにはわれわれがあくまでも厳密な意味における最適値を追求したことに起因すると考えられる。ところで現実の問題を扱う場合、このような厳密解を求めるよりも、ある程度の保証をもって近似的な最適値がより容易な計算過程で得られるならば、その方がはるかに有効でありまた実用的であるということは言をまたないであろう。このような理由から、ここでは確率的最適値の探索という観点から、街路網の発生総待ち時間を評価規準とした面制御方式について若干の考察を述べることにする。

2　最適性の規準　ここでは上述のように、総待ち時間を最適性の規準とするが、一つの交差点で生じた行列の後端がつぎの交差点に及ぶいわゆる交通麻痺現象が発生するというような特殊な場合を除外して考えると、この規準として待ち時間のみを限定してとり扱かう必要はない。たとえば、停止回数あるいは待ち行列長さでもよいわけである。肝要なことは、それが定量的に評価可能でありかつそれが容易であるということ、およびその規準量が運転者の要求にている規準量に合致していることであろう。ここで考える総待ち時間は　運転車の目的地に早く到着したいという欲求を充足する意味を有すると解釈すれば一応合理的な規準であろう。

3. 制御量　制御対象となるものには3つの制御量（周期　スプリット、オフセット）があるが、これらについて、街路網で発生する総待ち時間最小の規準から　その各交差点における値を決定しようとするものである。

4. 前提条件　先に発表した研究におけると同様に、交通量は定常と仮定し、また、一つの街路で発生する待ち時間は、その両端の交差点政策（周期、スプリットおよびオフセット）によって決まるものとする。このような仮定は一見はなはだ大胆に見えるが、交通の不規則性、速度の変動、右左折車の流入あるいは街路の途中における交通の発生および吸収を考えたとき　一つの街路で発生する待ち時間が数交差点も以遠の交差点政策に敏感に影響されることはなく　長い時間を通してみれば、それはほゞ両端交差点の政策によって支配的に決定されるであろうという判断に基づくもので、実証の必要性はあるがそれほど不合理な仮定ではないであろうと考えている。

5. 最適制御方式の決定　街路網としては、図-1のような格子状街路網を考えるものとするが、これは説明の便宜のためであり、一般には任意の形状の街路網であっても差しつかえない。このような街路網において　まず図のように各交差点に番号を付し、それぞれの交差点でとる政策を次のように定義する。

ξ_i^1：第i交差点でとる周期政策（離散格子上での政策とする。）

k_i^1 ; 第i交差点でとるスプリット政策（離散格子上での政策）
k_i^2 ; 〃 オフセット政策（ 〃 ）
K_i ; 第i交差点でとる政策列で詳しく書くと $K_i(k_i^1, k_i^2, k_i^3)$ である。また、いま第i交差点を街路網の中から抜き出して来たとき、その交差点の隣接交差点が図-2のように i_1〜i_4 であったとしよう。このとき

$g_{i_t}^i(K_{i_t}, K_i, g_{i_t}^i)$; 交差点 i_t から交差点iに向かう交通量 $g_{i_t}^i$ が交差点iで被る待ち時間（$t=1,2,3,4$）

これらの値は K_{i_t}, K_i のあらゆる組合わせについて既知の量とする。なお、街路網の周辺の交差点については、4つの隣接交差点のうち 1つまたは2つは実際には存在しないので、そのような交差点に向かう交通量が被る待ち時間は便宜上、0と仮定すればよい。また

$$W(K_1, K_2, \cdots K_n) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{4} g_{i_t}^i(K_{i_t}, K_i, g_{i_t}^i)$$

とおくと これは街路網全体で発生する待ち時間の総和を表わすことになる。この値を最小にするような各交差点の政策 $K_1, K_2, \cdots K_n$ を決定するのが本研究の目的である。そのためにまず、各交差点に任意の政策列 $K_1^1, K_2^1, \cdots K_n^1$ を与える。そして $\min_{K_1} W(K_1^1, K_2^1, \cdots, K_n^1)$ を計算する。その結果第1交差点の政策 $\hat{K}_1^1$ および、$W(\hat{K}_1^1, K_2^1, \cdots K_n^1)$ が得られたものとしよう。つぎの段階として $\min_{K_2} W(\hat{K}_1^1, K_2^1, \cdots K_n^1)$ を計算し、$\hat{K}_2^1$ とそれに対応する $W(\hat{K}_1^1, \hat{K}_2^1, \cdots K_n^1)$ を求める。同様にして第i交差点については、$\min_{K_i} W(\hat{K}_1^1, \hat{K}_2^1, \cdots, \hat{K}_{i-1}^1, K_i^1, \cdots K_n^1)$ から $\hat{K}_i^1$ と $W(\hat{K}_1^1, \hat{K}_2^1, \cdots \hat{K}_i^1, \cdots K_n^1)$ を得る。この手順を最後の交差点まで進めてゆくと、最初に与えた任意の政策列 $K_1^1, K_2^1 \cdots K_n^1$ に対応して $W(\hat{K}_1^1, \hat{K}_2^1, \cdots, \hat{K}_n^1)$（これをいま W_{min}^1 と表わし極小値とよぶ。）およびそのときの各交差点の政策列 $\hat{K}_1^1, \hat{K}_2^1, \cdots, \hat{K}_n^1$ が求められる。同様にして政策列 $K_1^2, K_2^2, \cdots, K_n^2$ なる制御パターンから出発して上のような手順で極小値を求めると、W_{min}^2 とそれに対応して政策列 $\hat{K}_1^2, \hat{K}_2^2, \cdots \hat{K}_n^2$ が得られる。このようにして出発点となる任意の制御パターンを種々に選べばその都度、総待ち時間の極小値と、そのときの政策列が求められるであろう。いま、これらの待ち時間の極小値の列を $\{W_{min}^\xi\}$ $(\xi = 1, 2, \cdots, M)$ とするとき、$\min_\xi \{W_{min}^\xi\}$ なる W_{min}^ξ を探し出し、それに対応する各交差点の政策列 $\hat{K}_1^\xi, \hat{K}_2^\xi, \cdots \hat{K}_n^\xi$ が得られたものとしよう。ここではこれを近似的な最適制御パターンと考えるのである。しかしながらこのようにして得られた総待ち時間の近似的最小値がはたしてどの程度の信頼度をもって絶対的最小値といえるか、換言すれば、上述の手法によって得られた制御パターンが、本来の意味の最適制御パターンにいかなる信頼度で近似しているかは、重要なことであろう。これについては個々の極小値が任意の制御パターンから出発して得られたものであることから、Mをある程度大きくとれば、正規分布に近い分布に従うことも予想されるので、統計論によって推測することも可能であると考えている。詳細については、講演当日に発表する。

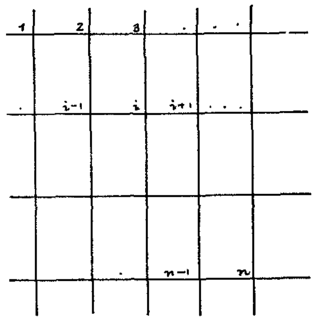

図-1 格子状街路網

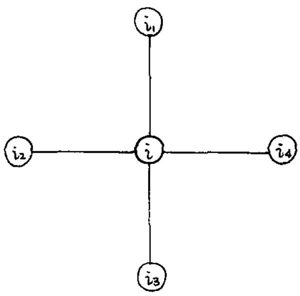

図-2 第i交差点隣接部