1E-5

時間依存辺コストの予想値を用いた最短経路探索

鈴木　晋†

愛知工業大学情報科学部†

１．はじめに

時刻によって道路の混雑状況が変化する道路網において目的地に早く到着する経路を計算することを考える[1]．道路交通情報システム VICS に対応したカーナビでは，走行中に，その時点の道路の混雑状況データを用いて，目的地への短時間経路を計算し直すことができる[2]．今後，さらに優れた経路を得るには，将来の混雑状況の予想値を用いて経路を計算する必要があるように思われるが，予想値を用いた経路の探索はあまり研究されていない．本稿では，混雑状況の予想値を用いることの効果を計算機実験によって調べる．　また，走行中に経路を繰り返し計算することの効果についても調べる．

２．辺の走行時間とゴールへの到着時刻

図１の道路網の例を用いて，辺の走行時間とゴールへの到着時刻について説明する．図１において，v1,..,v5 はノード，e1,..,e5 は辺であり，時刻 0 にスタートノード v1 を出発してゴールノード v5 まで走行する．

（１）辺の実走行時間とゴールへの実到着時刻

辺の実走行時間 f(e,t)は時刻 t に辺 e=(v,v')のノード v を通過した車が v'に達するまでにかかる時間である．f(e,t)は時刻 t に依存して変化する．図１の辺 e1,..,e4 の実走行時間 f(ek,t),k=1,..,4,を f1(t)，辺 e5 の実走行時間 f(e5,t)を f2(t)とする．

f1(t) = 0.5t+10 (t≦60) , 40 (t≧60)

f2(t)= -0.5t+27.5 (t≦35) , 10 (t≧35)

このとき，ゴールへの経路 path1=(v1,v2,v3,v5)と path2=(v1,v2,v4,v5)に沿った走行では，各々，各ノードに次の時刻に到着する．

path1:v1(0),v2(10),v3(10+15=25),v5(47.5)

path2:v1(0),v2(10),v4(25),v5(25+15=40)

（２）辺の予想走行時間とゴールへの予想到着時刻

辺の実走行時間 f(e,t)は前もって分からないので，経路の計算には予想値を使う必要がある．本稿では走行中に各ノードで予想値を入手できるとする．辺 e の予想走行時間 g(e,ct,t)は時刻 ct に入手した，f(e,t) (t≧ct) の予想値である．すなわち，時刻 t に辺 e=(v,v')のノード v を通過した車が v'に達するまでにかかると思われる時間についての，時刻 ct での予想値である．図１において，辺 e5 の g(e5,ct,t)を

g(e5, ct,t)= f2(t) + δ(t-ct),

δ(t') = 0.4t' (t'≦30) , 12 (t'≧30)

とし，他の辺 e の g(e,ct,t)はすべて真値 f(e,t)に等しいとする．

g(e,ct,t)= =f1(t) (e≠e5)

このとき，スタート v1 で時刻 ct=0 の g(e,0,t)を使ってゴール v5 への到着時刻を予想すると，path2 を走行した場合の各ノードへの予想到着時刻は

path2:v1(0),v2(10),v4(25),v5(25+15+10=50)

になり，path1 を走行した場合の各ノードへの予想到着時刻は実到着時刻と同じになる．ノード v2 で時刻 ct=10 の g(e,10,t)を使ってゴール v5 への到着時刻を予想した場合は，v2 以降の path2 (path2'と記す) では

path2':v2(10),v4(25),v5(25+15+6=46)

になり，v2 以降の path1 (path1'と記す) では予想到着時刻は実到着時刻と同じになる．

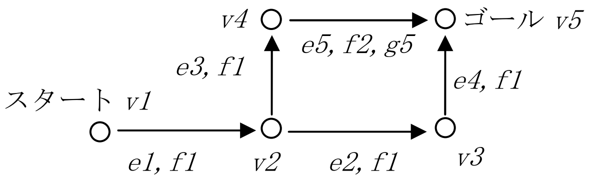

図１．道路網と辺の走行時間

３．経路探索法

ゴールへの短時間経路の計算をスタート時に一度だけ行うか，それとも走行中の各ノードで行うか，また，時刻 ct における経路計算に，その時刻の真の辺走行時間 f(e,ct)のみを用いるか，それとも辺の予想走行時間 g(e,ct,t)を用いるかの違いを考えて，４つの経路探索法を比較する．

●探索法Ａ　スタート時に真の辺走行時間 f(e,0)を使って一度だけ走行経路を計算する．

●探索法Ｂ　スタート時に辺の予想走行時間 g(e,0,t)を使って一度だけ走行経路を計算する．

●探索法Ｃ　走行中の各ノードで，辺の実走行時間 f(e,ct)を使って走行経路を計算する．

●探索法Ｄ　走行中の各ノードで，辺の予想走行時間 g(e,ct,t)を使って走行経路を計算する．

Searching the shortest path by using estimated values of time dependent edge lengths

† Susumu SUZUKI, Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

２節の問題例に探索法Ｄを適用した場合，スタート v1 では path1（path2）の予想ゴール到着時刻が 47.5（50）であるので path1 を選択し，v2 へ進む．v2 では path1’（path2’）の予想ゴール到着時刻が 47.5（46）であるので path2’を選択して v4 に進み，時刻 40 にゴール v5 へ到着する．

４．実験

４．１　問題例

●道路網　図２の 10 辺×10 辺の格子状の道路網をスタート(0,0)からゴール(10,10)に走行する．

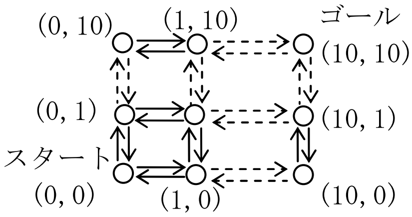

図２．実験に使用した道路網

●辺の実走行時間　１周期 200 分で渋滞化と渋滞解消を繰り返す図３の関数 f*(t)を考え，f*(t)の位相を 50 分づつずらすことにより４つの関数 fk(t)を作る．

$fk(t) = f*(t+50k)$, $k=0,1,2,3$

各辺の実走行時間 f(e,t)は，こららの４つの関数 fk(t) の中からランダムに選ぶ．

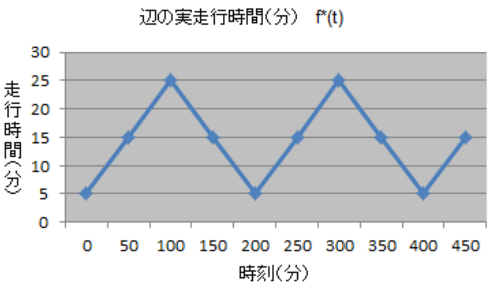

図３．実験に使用した辺の実走行時間

●辺の予想走行時間　各辺の予想走行時間は

$g(e,ct,t) = f(e,t) + \delta(e, t-ct)$

$\delta(e,t') = (b(e)/a)t'$ $(t' \leq a)$, $b(e)$ $(t' \geq a)$

とする．ここで，b(e)は$-K \leq b(e) \leq K$ の範囲の乱数であり，辺 e ごとに異なる．a が大きいほど，K が小さいほど，誤差δ(e,t’)は小さくなる．

４．２　実験結果

問題例に各探索法Ｘを適用し，ゴール到着時刻の相対誤差：

（ゴールへの実到着時刻－最短到着時刻）

／最短到着時刻

を調べる．各辺 e のために fk(t)をランダムに選びながら 100 個の問題例をランダムに作成し，探索法ＡとＣを適用する．a=60 に固定し，K は K=0,5,10,...,40 として，各 K ごとに，上で作られた 100 個の問題例の各辺に g(e,ct,t)をランダムに作る．すなわち，$-K \leq b(e) \leq K$ の範囲の b(e)をランダムに作る．これらの計 100*9=900 個の問題例に対し探索法ＢとＤを適用する．

図４は各探索法のゴール到着時刻の相対誤差の平均値である．辺の予想走行時間を使う探索法Ｂ（Ｄ）は誤差δ(e,t’)が小さい（K が小さい）とき，予想走行時間を使わない探索法Ａ（Ｃ）より優れている．各ノードで経路を繰り返し計算する探索法Ｃ（Ｄ）は，経路を１回しか計算しない探索法Ａ（Ｂ）より優れている．なお，最短到着時刻は 177 分から 250 分であり，平均値は 213 分であった．

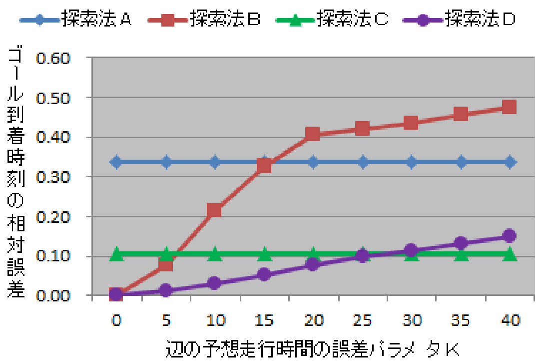

図４．ゴール到着時刻の相対誤差（a=60）

各方法が走行した経路の辺数はほとんど 20 であった．図５は，探索法Ｃと K=15 のＤにおいて，走行途中の各ノードで計算したゴールへの経路をその後，変更せずにゴールまで走行した場合のゴール到着時刻の平均相対誤差である．再計算により，経路が改善されていく様子が分かる．

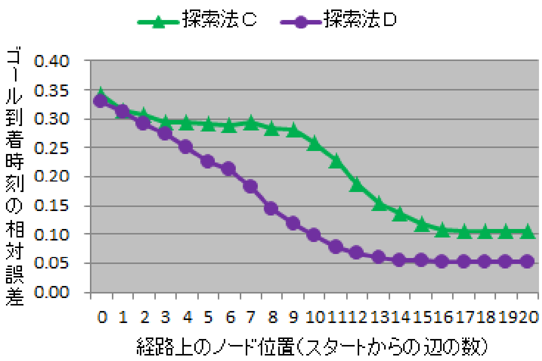

図５．経路の繰り返し計算の効果（K=15）

参考文献

[1] Cook,K.L. and Halsey,E., ”The shortest route through a network with time-dependent internodal transit”, J.Math.Anal.Appl.14, pp.493-498(1966).

[2] 天目 健二，”次世代道路交通システム ITS ナビゲーションシステムと経路探索”，オペレーションズ・リサーチ，Vol.45, NO.7, pp.312-318(2000).