

学習済み NN モデルによる格子状街路網の自律的信号制御最適化

信州大学工学部 正会員 奥谷 巖
 信州大学大学院 川上達也
 信州大学工学部 ○田中義章

1. はじめに

我々は光ビーコン情報を活用した平面街路の信号制御高度化に向け、その基盤づくりの一環として、自律的信号最適制御を志向した研究に着手し一定の成果を得ている。すなわち、人工知能型モデルを応用した街路区間（以下、リンクという）の旅行時間推定方法の開発とそれを組み込んだ小規模街路網の最適信号制御パラメータ決定及び有効性検証である^{(1),(2)}。

今回、こうした成果を踏まえ、現実の面制御におけるサブシステム対応の中規模でかつループを含む格子状街路網の信号制御に対して、その適用性をシミュレーションにより実験的に検証を行なった。

2. 信号パラメータの最適化

今回は、図1に示したような形の格子状街路網を対象に信号パラメータの最適化を行なう。交差点には(1,1)~(J,K)の行列様式の番号を付すものとするが、街路網最外側交差点にはそれぞれ周辺交差点が隣接しており、それら周辺交差点にも対象街路と整合した形で行列様式の番号が与えられているものとする。また、外周部交差点のスプリットならびに対象交差点との間におけるオフセットは一定値に保たれると仮定する。

最適化を図る信号制御パラメータは各交差点の青信号時間と交差点間のオフセットである。最適化の評価関数は街路網全体で発生する旅行時間であ

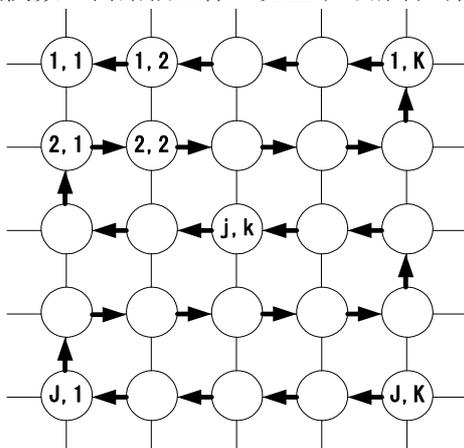


図1. 最適化対象街路網

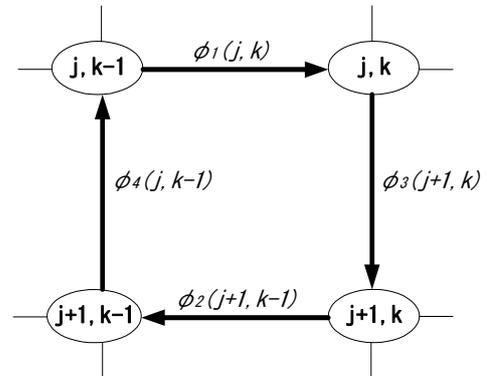


図2. ループの処理

り、それを構成する各々のリンクでの旅行時間を学習済みニューラルネットワーク（以下 NN）モデル⁽³⁾で求めるところに本研究の特徴がある。

まず、記号の定義として、交差点(j,k)の方向 h ($h = 1 \sim 4$: 数字は東西南北に対応) の流入リンクの交通量を $q_h(j,k)$ 、青信号時間を $g_h(j,k)$ 、上流側交差点との間の相対オフセットを $\phi_h(j,k)$ とする。

最適化の方法論としては、DP（ダイナミック・プログラミング）を用いる。図1において太線で矢印と共に示したものはDPの最適化計算の進行経路を表している。

なお、図2に示したように、交差点(j,k-1)から交差点(j,k)に進んだ段階で一つのループが形成されてくるが、ループの時計回り方向のリンクに対応したオフセットについては

$$\phi_1(j,k) + \phi_2(j+1,k) + \phi_3(j+1,k-1) + \phi_4(j,k-1) = g_1(j+1,k) - g_1(j,k) + g_1(j,k-1) - g_1(j+1,k-1) + a \quad (1)$$

なる関係がある。ここに、 a は青矢、黄色、全赤信号から成る定数であり、各交差点でのこれらの値が等しい場合は $a = 0$ となる。式(1)において $\phi(j,k)$ と $g(j,k-1)$ は決定変数、 $g(j,k)$ は与件として与える変数、それ以外の変数（ただし $\phi(j+1,k)$ を除く）の値は既に条件付き最適値として求められている。よって $\phi_3(j+1,k)$ は交差点(j,k-1), (j,k)間の計算に入る段階で与えられることになる。

よって、東西経路を移動する際に該当する南北経路に対しても検討し、DPのアルゴリズムに従って最北端の経路の最後の交差点まで条件付き最適値を求めてゆく。そして今度は最適化計算経路を逆向

きに辿りなら各交差点の最適青時間と各リンクの最適オフセットを条件付き最適値から選び出して行けば、すべての最適化計算の手続きは完了する。

3. 適用性の検討

ここでは、片側2車線の東西・南北方向幹線がそれぞれ4本の網を対象とし、シミュレーションを通して適用性の検討を行う。NNモデル導入の効果を測るための比較対象として、ここでは従来型を代表する手法として、不飽和流を前提とし車群の拡散を考えた解析モデル^{(4),(5)}を採用する。また、今回は、東西方向の青信号開始時刻をすべて等しくし、青信号時間を各交差点に流入する交通量比により算出する制御方式(ここでは同時オフセット制御と呼ぶことにする)についても同様に比較対象とした。

シミュレーションはNETSIMを用いて行なった。

交通は外周部リンクからを発生させる。最適化計算の前提となる交通量は19周期の平均交通量として与えたが、東西幹線の北側から2,3番目と南北幹線の西側から3番目の街路で両側交通量1,300~1,700台/時程度と相対的に多くなるように設定し、その他の街路については両側交通量を700~1,150台/時の範囲において適当に与えた。東西幹線の北側から1~3番目の街路では東向き方向の交通量が対向方向に卓越するように設定し、また、南北幹線の最東端街路の南行き交通量についても対向方向交通量の1.5倍程度になるよう設定した。

表1. 東西方向青信号開始時刻

j \ k	1	2	3	4
1	0	4	11	7
	0	63	104	55
2	10	10	29	23
	44	44	15	50
3	23	23	23	28
	128	120	3	72
4	59	55	58	52
	119	137	131	137

表2. 青信号の長さ

j \ k	1		2		3		4	
	E-W	S-N	E-W	S-N	E-W	S-N	E-W	S-N
1	56	58	55	59	47	67	61	53
	44	70	38	76	62	52	77	37
2	61	53	77	37	48	66	66	48
	39	75	76	38	68	46	77	37
3	71	43	71	43	59	55	66	48
	57	57	77	37	72	42	46	68
4	53	61	63	51	48	66	66	48
	77	37	37	77	68	46	40	74

上段	NNモデル
下段	解析モデル

表3. 街路網全体の旅行時間と遅れ

	旅行時間 [veh·h]	遅れ時間 [veh·h]
NNモデル	920.79	597.70
解析モデル	1057.40	738.56
同時オフセット	929.50	606.61

信号の現示は右折専用の青時間(定数)を含むパターンを前提とし、青信号時間の上下限値はそれぞれ77秒および37秒とした。

表1より、NNモデルの相対オフセットが40秒未満の値であるのに対して、解析モデルでは幅広く分布している。交通量が相対的に卓越している北側から1~3番目の東西幹線東行き交通と最西端南北幹線の南行き交通については、NNモデルでは相対オフセットがほぼ当該方向交通優先パターンとなっているのに対して、解析モデルではそうした傾向は見られない。

表2より、相対的に交通量を多く与えた街路と少なく与えた街路が交わる交差点では、青信号時間はNNモデルでは前者優先となっているのに対して、解析モデルの場合はそうした傾向は見られない。

最後に、表3をみると、3つのモデルの中で解析モデルに対してはNNモデルがより優れた信号制御パターンを設定したことが確認できた。しかし、同時オフセット制御に対しては1.5~0.9%の旅行時間及び遅れ時間減少に止まっており、NNモデルの方が優れている可能性はあるが確実な優位性は確認できなかった。この辺りはNNモデルの学習や条件設定の甘さなどがあると考えられ、今後更に改良を加えていく事でより優れたモデルが構築可能であると思われる。

4. おわりに

学習済みNNモデルによる信号制御パラメータの最適化の有効性をシミュレーションによって実験的に検証したが、今後は、様々な街路網を対象として、さらなる検討を進めて行く必要がある。

【参考文献】

- [1] 奥谷巖, 三井達郎, 中田勇介: 自律的信号制御のサブシステムとしての旅行時間推定モデル, 第48回自動制御連合講演会論文集, 577-582, 2005
- [2] 奥谷, 川上: 「自律的な最適信号制御とシミュレーションによる有効性検証」, 平成18年電気学会産業応用部門大会講演論文集, JIASC2006, 2-17, II 345-348 (2006)
- [3] 矢川: ニューラルネットワーク, 培風館 (1992)
- [4] 枝村他: 系統式信号制御パラメータに関する一考察, 交通工学, Vol.5, No.5 (1970)
- [5] 市原, 枝村: 道路施設工学, 森北出版 [1975]