系統信号系の遅れと周期について

長州産業(株)　正会員　○清水 紀子
山口大学工学部　正会員　久井 守

1．はじめに

系統信号系の制御パラメータとしては共通周期(サイクル)，青時間(スプリット)およびオフセット(隣接信号間の青開始のずれ)の３つがある．本研究は，これら３つの制御パラメータのうち，周期に着目し，それと遅れ時間との関係を調べ，それらの結果から系統信号系の周期の最適化について考察するものである．

系統信号系の各制御方式のうち，交通応答型の制御方式では交通状況の変化に追随して制御パラメータを変化させるが，このような制御において，周期を変更した場合，最適オフセットが不連続にしかも大きく変化するおそれがある．その場合，現行のオフセットを大きく変更することになるが、その変更の過程では交通流に混乱をもたらすことになる．このようなことから，系統制御の周期は重要な制御パラメータであり，したがって，周期の変更は交通状況の変化を見通した上で慎重に行うべきでものである．

本研究では，まず越の理論[1]を複数リンクの系統信号系に適用して周期と遅れ時間の関係を求めた．次に越の理論の前提条件の一部を除いた非飽和条件のもとで，周期と遅れ時間の関係を求めた．非飽和条件のもとではオフセットの最適化が必要であるが，これはＤＰで最適化した．その場合，車群は単一矩形波と仮定した．本研究では，特にリンク長の分布に着目して考察する．

2．越の理論による周期と遅れ時間の関係

２信号間のリンクの遅れ時間(往復合計)ｄ(秒/台)は

$$d = 0.5\mathrm{Min}\,|\,nC - T\,| \qquad (1)$$

Ｔ：リンク往復所要時間(秒)

Ｃ：サイクル(秒)

ｎ：整数０，１，２，…

によって与えられる，というのが越の理論である．基本的なオフセット型は，ｎが０または偶数のとき同時式，ｎが奇数のとき交互式である．この式は①両端信号のサイクル・スプリット・飽和流量は等しい，②直進交通のみであり，速度は一定で車群の拡散はない，③スプリットは青50%，赤50%であり完全に飽和している，という３つの仮定に基づいている．仮定の要点を示したのがFig.１である．図中のｓは飽和流量(台/秒)，ｇは青時間，ｒは赤時間である．

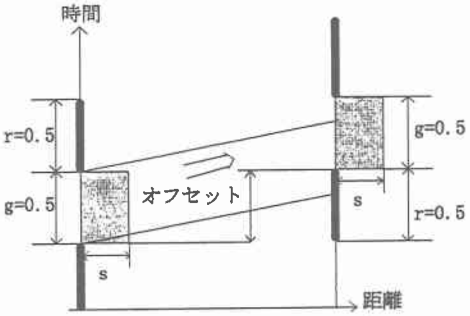

Fig.１　越の理論における仮定

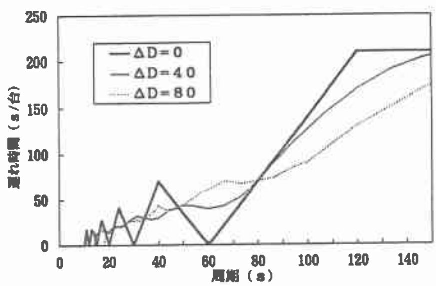

Fig.２　理論による周期と遅れ時間の関係

この仮定から到着車群および発進車群はオフセットに関わらずつねに単一飽和矩形波になる．したがって複数リンクからなる信号系の場合，各リンクの遅れ時間を式(１)で求めてそれを単純に合計すればよいことになる．８信号７リンクからなる信号系について越の理論で求めた周期と遅れ時間の関係をFig.２に示す．ただし，リンク長はD-3ΔD，D-2ΔD，D-ΔD，D，D+ΔD，D+2ΔD，D+3ΔDで与えた．Dは平均リンク長(m)，ΔDはばらつき(m)を表す．Fig.２はD＝360m，速度ｖ＝12m/秒の場合である．したがってDの往復所要時間T＝60秒となる．ΔD＝０の場合は，Tの整数分の１で遅れ時間は極小になるが，リンク長のばらつきが大

きくなると遅れ時間は単調増加を示すようになる．

３．非飽和条件下の周期と遅れ時間の関係

交通需要が交差点の処理容量以下の条件下では，Fig.３に示すように，ある交差点の発進車群パタンは１つ手前の発進車群とオフセットによって決まる．このように系統信号系の車群パタンはオフセットに応じて次々と変形を受けながら交差点を通過していく．逆方向の車群パタンについても同様である．したがって系統信号系のオフセット最適化問題は，車群パタンを状態変数とし，オフセットを決定変数とする多段決定過程とみなすことができる．

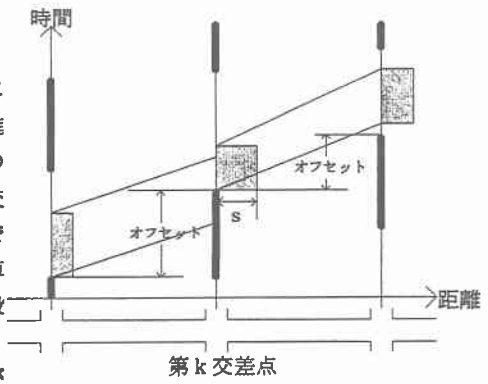

Fig.３　多段決定過程

したがってＤＰを適用して最適オフセットを求めることができる．本研究では既存のＤＰプログラム[2)]を用いてオフセットの最適化を行った．ただし既存のプログラムでは計算方向によって解が一致しないという欠点があったのでこの点を改善してバージョンアップした．オフセットは，周期などの信号条件と道路交通条件を与え，系統方向の総遅れ時間を目的関数として最適化する．遅れ時間には，確定的遅れ(矩形波の遅れ)のほかに確率的遅れ(ランダム遅れ)を考慮する．このランダム遅れはWebsterの遅れ式の第２項(ランダム項)を0.5倍したものを用いた．各信号の系統方向の青時間Ｇ(秒)は$G=\pi(C-L)$で求めた(π：現示率，Ｌ：損失時間(秒))．また遅れのランダム項(台･ｓ／ｓ)は$d_r=0.25x^2/(1-x)$ ($x=qC/sG$，ｑ：交通需要(台／秒))で求めた．

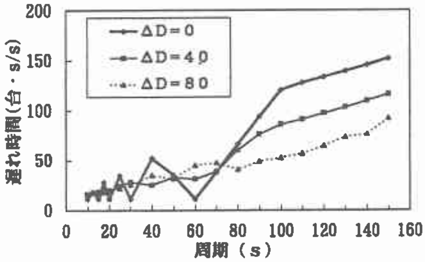

Fig.４　π=0.5，Ｌ=0.0の場合

Fig.２と同じ８信号７リンクを対象とし，周期を与えてオフセットを最適化するＤＰ計算を，10秒刻みの周期について行った．その結果をFig.４およびFig.５に示す．交通需要は0.40台／秒，飽和流量は1.0台／秒とし，またリンクはランダムに配列した．Fig.４は各信号の現示率を0.5，損失時間を０秒とした場合である．Fig.３の理論とよく似た傾向を示している．遅れの極小値は遅れのランダム項である．Fig.５は各信号の現示率を0.60，損失時間を10秒とした場合である．損失時間の影響で周期を大きくしても必ずしも遅れは比例的に増加せず，逆に周期を小さくするとランダム項の影響で遅れが大きくなっている．

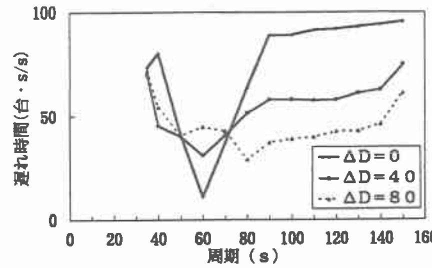

Fig.５　π=0.6，Ｌ=10.0の場合

４．結論

(1) 越の理論による遅れ時間の計算からリンク長の分布のばらつきが大きくなると遅れの増加率は小さくなり，遅れ時間は必ずしもリンク数に比例しない．

(2) 非飽和条件のＤＰ計算から，損失時間が０の場合は越の理論とほぼ同じ傾向が得られた．

(3) しかし，損失時間を考慮すると，遅れ時間は必ずしも周期に明確に比例して大きくなるとはいえない．

<参考文献>

1)越 正毅：系統交通信号におけるサイクル制御の研究，土木学会論文報告集，No.241，pp.125~133，1975年9月

2)久井 守，山下 芳夫：右左折交通を考慮した系統式信号制御の最適化とシミュレーションによる評価，土木学会論文集，No.383，pp.133~140，1987年7月

3)李 光勲・池之上 慶一郎：系統交通信号における遅れの特性と最適サイクル長に関する研究，交通工学，Vol.27，No.4，pp.9~20，1992年7月