Ⅳ-286　ＤＰを用いた鉄道縦断線設計最適化の試み

群馬大学大学院　○学生員　叶　霞飛
群馬大学工学部　正　員　青島縮次郎
群馬大学工学部　正　員　宿　良

１．はじめに

鉄道縦断線設計の最適化とはある鉄道平面線設計を与件としたときの最適な勾配変更点とそれに対する設計標高を決めるということである．従来の研究[1]では，勾配変更点は手作業によって求めるか，あるいは等間隔(例えば100m)の形で与えられた上で，主に最適な縦断線設計標高を決める手法について検討した．しかし，そのような手法は路線設計の体系的な最適化の実現を阻害することがあるし，そして必ずしも実用的な勾配変更点となっていない場合がある．そのため，筆者らは実用的な勾配変更点をコンピュータで自動的に決める方法を提案した[2]．しかしそれは最適な勾配変更点を得られる保証がないという問題点が残されていた．そこで，本研究では最適な勾配変更点と縦断線設計標高を同時に決めるために，従来の研究を踏まえ，ＤＰ法を用いた新しい鉄道縦断線設計の最適化モデルの構築を試みる．

２．基本的な考え方

鉄道縦断設計線は勾配変更点と設計標高によって決められるのであるが，実務的な鉄道縦断設計線の勾配変更点間の距離は普通50mの倍数を取るのが望ましいので,勾配変更点を決める際，できる限りその原則に従うべきである．そこで，勾配変更点の位置とそれに対する設計標高を含む最適な鉄道縦断設計線を捜すような問題は離散的問題である．一方，もし勾配変更点（ここで，対象路線の始点と終点を含む勾配変更点の数をＮ＋１とする）を境にして，鉄道縦断設計線の長さをいくつかの区間に分けるならば，目的関数としての対象路線の総工事コストは次式（１）のように，各区間の工事コストの総和で表すことができる．そして，最適化とは設計の制約条件を満たす上で，これを最小にすることである．

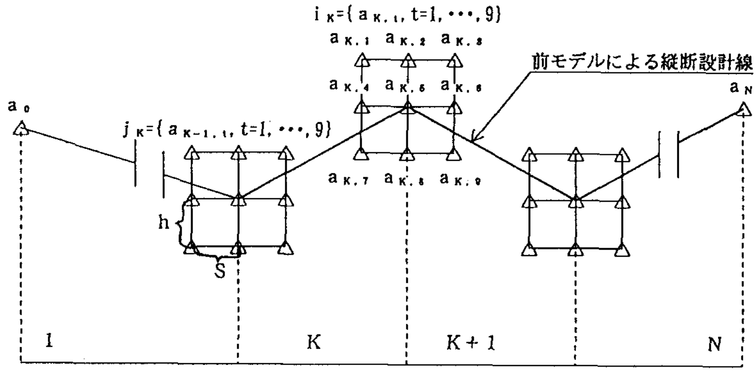
$$G=\sum_{K=1}^{N}\{G1(K)+G2(K)+G3(K)\} \qquad \text{-------} \ (1)$$

ここに，Ｇは総工事コストであり，G1(K)，G2(K)，G3(K)はそれぞれＫ番目の縦断線設計区間における土工コスト，橋梁コスト，トンネルコストである．

以上の目的関数の構造から見ると，ＤＰ法は上述のような鉄道縦断線設計の最適化問題に適合できると考えられる．本研究では，既往研究[2]に示してあるＢスプライン関数を用いた鉄道縦断線設計の最適化モデル(以下で，前モデルと略す)により得られた縦断設計線をベースにし，ＤＰ法を用い，鉄道縦断設計線の勾配変更点と設計標高を同時に最適化させることをねらっている．

３．本研究におけるＤＰモデルの定式化

図－１に示しているように，上述のＮ区間をＤＰ法におけるＮ段階にするならば，以上のような最適化問題はＤＰ法におけるＮ段階決定過程とみなすことができる．本研究では前モデルにより得られた勾配変更点とそれに対する設計



図－１　ＤＰ法を用いた鉄道縦断線設計の最適化モデルの概略図

標高をベースにし，対象縦断線設計をＮ段階に分け，そして，始点，終点を除いた各勾配変更点における縦断設計線の位置を中心に，それぞれ横幅をＳ（例えば 50m），縦幅をｈ（例えば 10cm）とする（ｍ－１）×（ｍ－１）個（図－１はｍ＝３とする例である）の格子を作る．本研究では，このように作った格子のＭ＝ｍ×ｍ個の交差点 $\{a_{K,1}, a_{K,2}, \cdots, a_{K,M}\}$ を当該勾配変更点における鉄道縦断設計線の代替案とする．ここで，$a_{K,t}$（$K=1,2,\cdots,N-1$；$t=1,2,\cdots,M$），及び a_N を状態変数という．そして，第Ｋ段階における状態変数の集合 i_K（$K=1,2,\cdots,N$）を $\{a_{K,1}, a_{K,2}, \cdots, a_{K,M}\}$（但し，$i_N=a_N$），第Ｋ段における決定変数の集合 j_K を $\{a_{K-1,1}, a_{K-1,2}, \cdots, a_{K-1,M}\}$（但し，$j_1=a_0$）として定義する．そこから，$i_{K-1}=j_K$ である．

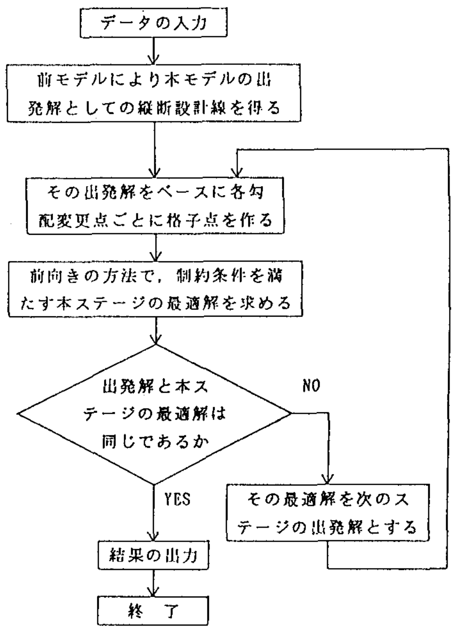
ここで，第Ｋ段階における状態 i_K から最適政策をとって，その状態から始点状態 a_0 までの工事コストの総和を $f_K(i_K)$ とすると，その $f_K(i_K)$ と一時点前の段階における $f_{K-1}(j_K)[=f_{K-1}(i_{K-1})]$ との間に次の関係式（２）を満たす．

$$f_K(i_K)=\min_{j_K}\{G_K(i_K, j_K)+f_{K-1}(j_K)\} \qquad \text{---------}(2)$$

$$i_K=\{a_{K,1}, a_{K,2}, \cdots, a_{K,M}\} \;;\; j_K=\{a_{K-1,1}, a_{K-1,2}, \cdots, a_{K-1,M}\} \qquad (K=1,2,\cdots,N)$$

（但し，$i_N=a_N$，$j_1=a_0$ である．）

ここに，$f_0(j_1)=0$ であり，$G_K(i_K, j_K)$ は状態 j_K から状態 i_K への工事コストである．そして式(１)より，$G_K(i_K, j_K)=G1(K)+G2(K)+G3(K)$ である．一方，ある状態 i_K に対し，制約条件を満たさない場合，$G_K(i_K, j_K)=+\infty$ とする．そうすると，図－１に示す条件下での最適な鉄道縦断設計線を決めることができる．本研究ではそれを一回目のＤＰ法による最適化という．そして，その結果をベースに，前と同じような方法で新しい格子を作って，ＤＰ法により，その条件下での最適な鉄道縦断設計線を求める．もし前後二回の最適化により得られた鉄道縦断設計線が同じならば，その設計線を全体的な最適な鉄道縦断設計線とすることになる．また，本研究におけるＤＰモデルのフローは図－２に示してある．



図－２　ＤＰ法を用いた鉄道縦断線設計の最適化モデルのフロー

４．まとめ

本研究では，Ｂスプライン関数を用いた鉄道縦断線設計の最適化モデルを踏まえ，ＤＰ法と結び付け，鉄道縦断設計線の勾配変更点と設計標高を同時に最適化させるための効率的モデルを提案した．そして，事例研究によれば，本モデルは連続的モデルにおける最適な勾配変更点を探索するための定式化の複雑性を避けると同時に，離散的モデルにおける最適解の求解にかかる計算時間が長すぎる欠陥を補うことが可能となった．その詳細は当日発表の予定である．

【参考文献】

1) 例えば，C.J. Goh, E.P. Chew, and T.F. Fwa : Discrete and continuous models for computation of optimal vertical highway alignment , Transpn. Res, Vol.22B, No.6, pp.399～409, 1988.

2) 叶 霞飛，青島 縮次郎，宿 良 ：Bスプライン関数を用いた鉄道縦断線設計の最適化モデル，土木学会論文集，No.488/IV-23, pp.92～102, 1994. （掲載予定）