

東大生研 正員 工博 丸安隆和

〃 〃 〃 中村英夫

〃 〃 〇 村井俊治

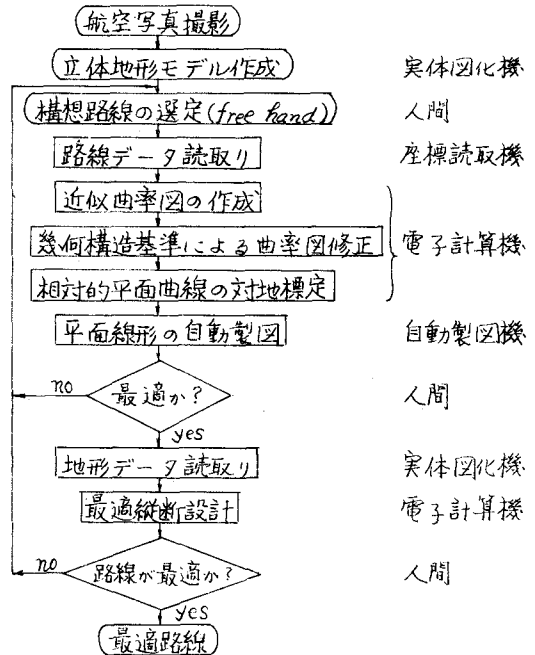
大林組 〃 嶋田厚二

まえがき

最近のわが国の道路建設計画の規模はきわめて大きくなり、多種多様の設計要素を考慮しなければならなくなった。経済、社会が高度に発達した現在、道路路線計画は単に土木技術者の工学的判断のみにまかされることはなく、政治、経済、文化関係者および路線沿いの地域代表者など数多くの人達により、検討、判断、修正がくりかえされながら決定されることが必要である。より良い路線を選定するためには、数多くの関係者が計画区域の諸条件を把握した上で現実的に可能な数多くの比較路線についての構想を出しあい、予備的な設計計算の結果から判断を下すことが望ましい。このような路線設計システムを有効なものとするには航空写真測量と電子計算機を有機的に組み合わせることが要求される。数多くの関係者により、航空写真から得られる立体地形モデルに構想路線が *free hand* で描かれると、その後、続く設計計算はすべて計算機による処理される。各設計段階での修正はただちに最初の立体地形モデル上にフィードバックされ、次第に最適な路線へと近づけられる。本研究は路線の予備設計段階における路線選定の自動化および最適化の方法を探索したものである。

1. 路線選定システム

本研究で開発された路線選定システムの概略を右図に示す。最近の光学機械の発達は多く人が同時に見るのできる立体地形モデルの作成を可能にしている。立体モデル上で *free hand* で描かれた路線はそのまゝ平面線形の近似路線となる。本システムでは、*free hand* 路線が道路幾何構造基準を満足する直線、円弧、クロノイド曲線群に整形される作業が計算機内で行われる。整形計算はまず *free hand* 路線から近似曲率図を作成し、これが幾何構造基準を満足するように修正して、曲線の形状のみを表す相対的平面線形をつくることから始まる。つぎに相対的平面線形を回転および縮尺の変換をすることにより、もとの *free-hand* 路線の位置に最も良く近似される。平面線形が決定されると、地形データが航空写真から読み取られ、最適な縦断線形が *Dynamic Programming* により、求められる。



2. 計算機による平面線形の整形プログラム

平面線形の整形計算は相対的平面線形計算と絶対的平面線形計算の二つのプログラムからなる。

2-1. 相対平面線形計算プログラム

- (1) free hand で描かれた路線上に適当な間隔で取られた測点の平面座標 (X_i, Y_i) を入力する。
- (2) 連続する三測点を通る円弧群をつくり、円弧長およびその半径から近似曲率図を作成する。
- (3) 曲率図における曲率勾配が大か否か、曲率がゼロに近いかなにかによって直線、円弧、クロノイドの区間に分け、同種曲線区間をまとめて同種曲線ブロック群を作成する。
- (4) 同種ブロック内で同一曲率にするか否か、同一クロノイドパラメータにするか否かを決定し、最小自乗法により曲率図を整形する。
- (5) 道路幾何構造基準を満足するように直線、円弧、クロノイドの曲率や区間長を修正する。

2-2. 絶対的平面線形計算プログラム

- (1) 修正された曲率図から元の測点に対応する相対的な平面線形上の座標 (x_i, y_i) を計算する。
- (2) 元の測点 (X_i, Y_i) に課せられる重み (P_{xi}, P_{yi}) を与える。
- (3) 相対的平面座標系 xy を回転縮尺変換して絶対平面座標系に変換する。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ -b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix}$$

この変換時における測点 i の X, Y 残差を (v_{xi}, v_{yi}) とするとき、未知パラメータ a, b, X_0, Y_0 は $\sum P_{xi} v_{xi}^2 + \sum P_{yi} v_{yi}^2$ を最小にするような最確値として求められる。

3. Dynamic Programming による縦断線形設計の最適化

- いま最適な縦断線形とは ① 土工費が少くないこと ② 運土工費が少くないこと ③ 用地面積が少くないこと ④ 必要交通容量に対して走行経費が少くないこと ⑤ 勾配変化が急激でないこと ⑥ 平面線形と調和していること の六つの条件を最も満足する縦断線形であると定義する。

この縦断設計問題を次に示すような数学的モデルにおきかえると、D.P. によって最適縦断高を求めることが可能となる。すなわち道路区間長を n 段階に分割し、各段階の縦断高 y_i を制御とすると右表に示される制約領域内で各段階の基準の総和 $\sum \sum C_{ij}$ を最小にするような最適制御

$$y^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)$$

が最適縦断線形を決定する。右表からわかるように、制約条件は二段階にあたっているものがあるために、 i 段階に至る基準の最小値は次に示されるよう

な修正二段階過程により、求められる。

$$f_{1,i} = \min_{y_{1-2}, y_{1-1}} \{ f_{1,i-2} + C_{i-2, i-1, i}, f_{1,i-1} + C_{i-1, i} \}$$

D.P. による最適縦断設計の問題点は、 $[i, i+1]$ 区間の運土工費は次の区間に切盛土量の差を運土するのに必要な費用としたので、最適制御を求める方向によって解が異なることである。

最適条件	基準	制約
①	C_1 土工費	
②	C_2 運土工費	
③	C_3 用地費	
④	C_4 走行経費	$ S_i \leq S_a$
⑤	C_5 建設費の増加	$ S_i - S_{i-1} \leq S_b$
⑥		$ S_i \leq \ell(R_i + R_{i+1})$