

投稿論文 (和文)
PAPERS

道路路線計画システムの開発

枝村俊郎*・長尾克宏**・笹川耕司***

本研究の目的は、技術者の判断知識に着目して道路の路線計画をシステム化することである。そこで、道路技術者にヒアリングを行い、路線計画に関する判断知識を抽出した。それに基づいて、路線の選定、整形から路線の絞り込みまでを一貫して行うシステムを開発した。

システムを2, 3の実地形に適用した結果、ほぼ技術者の判断にしたがった路線計画を行うことができた。

key Words : highway routing, computer system, engineer's judgement

1. はじめに

道路の路線計画では一貫した計画手法が存在しておらず、技術者によって試行錯誤的に計画作業が行われている。このため従来より、道路設計あるいは道路路線計画を効率化するためのシステムは、いくつか研究されている。このうち研究が進み実用化されているものは、計画路線が与えられた後に平面線形および縦断線形の整形を行う段階のものであり、地形図が与えられたときに路線の概略設計を行う段階のものは、実用化にはほど遠い。

本研究は、道路構造令第1種の第1次概略設計段階における技術者の支援を対象としている。熟練技術者の判断知識を取り入れて、それと同等の路線選定を迅速に行い、加えて、路線の整形、評価を行うことのできるシステムを開発する。また、実地形への適用を通してシステムの有効性を検討する。

2. 従来の研究

道路の路線計画設計に関する研究は、大きく2つに分けられる。ひとつは、地形図等が与えられたときに路線選定を行う段階のものであり、他は、フリーハンド線として選定された路線を整形する段階のものである。

路線選定に関する主な研究には、つぎのようなものが挙げられる。中塚¹⁾は、メッシュデータとして対象地域の種々の環境要素(自然環境要素, 生活的環境要素, 経済的環境要素)を扱っている。選定法は、まず、各要素の質的, 量的重要度をメッシュごとに認識しておく。つぎに、この各メッシュの道路立地の適否の度合いを示す指標と起終点との位置関係から適正度を算定する。そし

て、順次メッシュを結ぶことにより路線を決定している。また、穴瀬²⁾は、路線選定における最適路線は、建設コスト最小の路線であるとし、コストには工事費と用地費を考慮している。そして、すべてのメッシュ格点間経費を算出し、総経費を最小とする路線を選定している。これらの研究は、始終点間の一部におけるメッシュの優位性によって路線を決定しているために、全体的な最適性を満足するものではなく、かつ実務における技術者の思考方式ともかなり異なっている。A. K. Turner³⁾は、価格地形と名付けられたコストモデルを提案している。価格地形とは、用地費, 舗装費, 土工費等の路線選定要因を組み合わせ、対象地域にコストの等高線をイメージしている。そして、選定路線は始終点を結ぶ距離の短さと価格地形の標高の低さを満足するルートであるとし、最短経路分析により求めている。以上の研究が平面・縦断の両線形を2段階で決定しているのに対し、E. P. Chew⁴⁾は、両線形を同時に決定することに注目している。すなわち、縦断勾配, 平面曲線, 縦断曲線, コントロールポイント(以下, CPとよぶ)を制約条件として、非線形計画問題として定式化し、3次元の同時最適化によって路線選定を行っており、最も注目すべきものである。

一方、路線整形に関する研究には、つぎのようなものがある。村井⁵⁾は、フリーハンド線から幾何構造を満足する曲線への自動整形を行っている。丸安⁶⁾⁻⁸⁾は、新たな道路線形としてサーキュロイド曲線を提案し、整形を行っている。

3. 本研究の目的

路線選定に関する従来の研究は、路線計画で考慮すべき要因や熟練技術者の思考方法が十分反映されていないために、実務における路線計画とはかけ離れたものとなっている。本来、技術者の支援を目的としたシステム

* 正会員 工博 神戸大学名誉教授 (株)パスコ 技術顧問
(〒550 大阪市西区靱本町2の3の2 大塚住生ビル)

** 非会員 工修 香川県

*** 正会員 修(工) 近畿日本鉄道(株)

を開発するには、実務の路線計画作業を検討し、熟練技術者の判断知識を抽出し、システムに具体化することが必要である。これに基づいて開発されたシステム^{9),10)}では、計画作業および判断知識の変更に対しても、システムの判断を更新することによって対応できる。加えて、各路線の選定根拠が明確になり、関係主体の合意形成にも役立つと考えられる。なお、本研究では、路線計画の中でも第一次概略設計に対してシステム化を試みる。

一方、路線整形に関する従来研究では、フリーハンド線を整形する際に、路線全体にわたって誤差を設けている。ところが、技術者によって設定されるフリーハンド線にはCPの関係上、あまり変動せずに通過するのが望ましい地点が存在する。本研究では、路線始終点間に通過すべき点が与えられた場合に幾何構造を満足する平面線形を決定する方法を提案する。

また、本研究で開発したシステムには、決定されたいくつかの候補路線から最適路線を絞り込むために評価サブシステムも開発する。

4. 技術者の判断知識の抽出

(1) 路線の選定

路線計画に関する判断知識を抽出するために、道路技術者にヒアリングを行った。

①路線の始終点間に軸線を設定して、その軸から左右約30度の範囲を路線選定範囲とする。

②基本的に始終点間を直線で結ぶことを考え、存在するCPの中で重要なCPから順に回避判断をする。

(2) 地形への対応

技術者は山を避ける際に、標高が高くかつ傾斜が急な部分が長く続いている地帯に着目している。そのような地帯では、切り土工が不可能となることが確実なため避けなければならない。技術者が行う手順を次に示す。

①経路中で、40%以上の傾斜が100m以上続いている中で、最も標高の高い部分を含む地帯を避ける。以下、この地帯を急斜地とよぶことにする。

②急斜地を避けても路線が切土工不可能となるならばR定規をさらに外側にずらし、縦断勾配を満足させる。ただし、許容最大縦断勾配での道路計画高さと同況高さの差が20mを超えれば、切土工は不可能とする。

③R定規をずらしても、直線距離に比して迂回距離が非常に大きくなる場合や、平面曲線半径が望ましい値を満足しない場合には、トンネルを設定する。

④第1次概略設計の段階では、専ら切土工に注意を集中する。凹部、谷部は、高盛土あるいは橋梁で通過できると考え、これらは平面線形を左右しないとみなす。

(3) トンネルの設定

技術者がトンネルの設定の際に、注意している点をつぎに示す。

表-1 CPの種類

重要度	C P	迂回距離	通過の可否
1	学校・病院	大	否
2	市街地	大	否
3	ゴルフ場	小	否
4	寺社・仏閣	大	否
5	急斜地	小	可
6	地域開発計画	小	可
7	公園	小	可
8	圃場整備地区	小	可
9	風致地区	小	可
10	池沼	小	可
11	河川	小	可

①建設コストの面から、トンネル距離はなるべく短くしなければならない。そのため、山地を許容縦断勾配でできるだけ上げられる点をトンネル始終点とする。なお、トンネル始終点に高低差があり、トンネル内で縦断勾配を満足しない場合には、満足する位置まで高い方の点を下げる。

②トンネルの始終点では、道路高さと同盤高さとの差が10m前後必要である。

③等高線に対して、路線がなるべく垂直に進入するように始終点を定める。

④5km以上のトンネルは造らない。

(4) CPの回避

技術者が考慮しているCPをその重要度順に並べたものが、表-1である。路線とCPとの望ましい迂回距離も併せて示した。また、次のCPは、特別な判断をする。

①圃場整備地区上を通過するときには条里に沿わせる。

②河川については、設計速度が小さく、川幅が広ければ直角に近く横断させる。

(5) 路線の整形

第一次概略設計においては、幾何構造を満足する線形として、円・直線による線形を描き、以後の設計段階で緩和曲線をあてはめる。

平地やCPが少ない地域では、できるだけ大きな曲線半径の円を描くことを考えるが、基本的に、最小曲線半径の望ましい値の2倍程度で円を描く。また、山裾や山の中腹を路線が通過する場合には、最小曲線半径の望ましい値で円を描くことを考え、不可能な場合には、半径値を小さくして円を描く。このとき、トンネル内では視距を考慮して線形を決定する。また、描いた円と直線を結んだ際に、最小曲線長を満足することが必要である。

5. 道路路線計画システムの構成

(1) システムの概略

システムでは、地形・CPデータから、ディスプレイに対象地域図を表示する。そして、マウスクリックにより路線始点、終点の位置を指定すれば、自動的に技術者

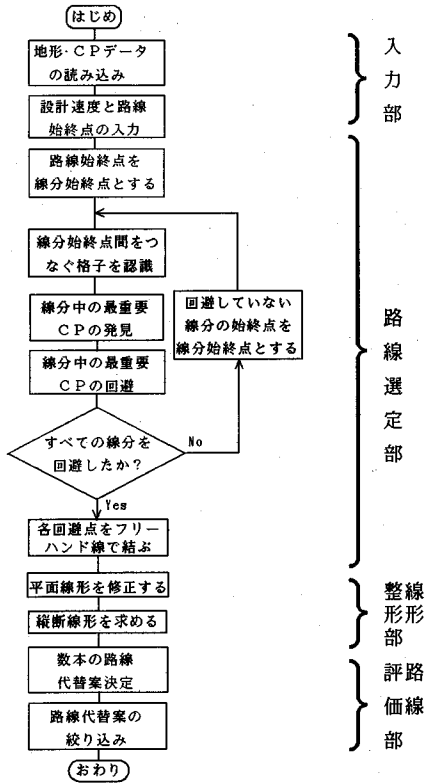


図-1 システム全体の処理手順

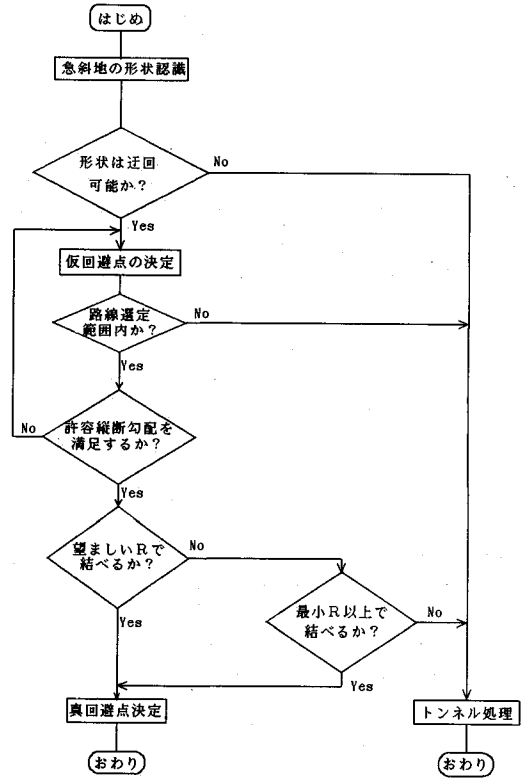


図-3 急斜地回避処理手順

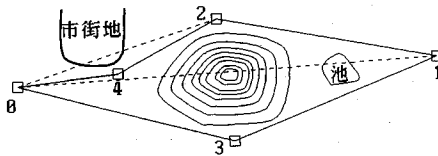


図-2 回避処理の例

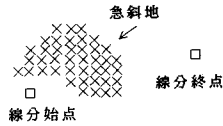
の描くフリーハンド線を表示する。さらに、メニューを選択することによって、路線の整形および路線の評価を行う。開発したシステムの処理手順を図-1に示す。

ここで、「回避」という用語は、始終点間に存在するCPの種類と位置を判断して回避点をどこに設定するかあるいは設定しないかを決定することを指す。回避点が設定されれば、その回避点ともとの始終点を結ぶ2本の線分を想定し、後にその線分に対して回避を行う。そこで、回避方法には、「迂回」と「通過」の2通りが考えられる。システムでは、基本的に迂回できるときには迂回による回避を行い、迂回できないときに通過による回避を行う。ちなみに、急斜地の通過による回避とは、すなわちトンネルによる回避とする。また、1つのCPについては画面に対して上側と下側の2方向の回避を考えている。すなわち、すべての線分で基本的に両側へ回避をする。しかし、通過ができないときは、片側、場合によっては両側の回避が不可能となる。

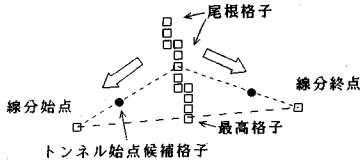
このような回避処理の例を図-2に示す。始点、終点と各回避点には発生順に番号をつけている。図-2では、始終点間に山地と池が存在しているが、山地のほうが重要なCPであるので山地を迂回して回避点2、3を設定する。これにより、線分0-2、2-1、0-3、3-1が想定される。次に線分0-2間には市街地が存在しているが、このCPは通過不可能なCPである。そこで、上側には迂回不可能となり下側に回避点4を設定する。線分2-1間にはCPが存在しないので回避点は設定されない。同様に、線分0-3、3-1、0-4、4-2についても回避点が設定されないため、この例では、0-4-2-1、0-3-1という2本の路線が選定されることになる。

本研究で扱うデータとして今回は、対象地域を50m×50m程度の格子状に分割したメッシュデータを採用している。地形データとしては、格子の4隅の格子点の標高値を与え、CPデータとしては、格子内に存在する表-1に示したCPの種類を与えている。また、圃場整備地区および河川については、それぞれ条里および河川の方向をデータとして入力しており、さらに河川については、河川幅も入力している。また、急斜地は、CPデータとして与えているのではなく、標高値から計算で求める。

また、本研究では、設計速度を入力することにより、



図—4 迂回不可能な形状



図—5 トンネル処理用語

許容縦断勾配、曲線半径の最小値および望ましい値等の設計制約条件を決定することができる。

なお、システムは、C言語を用いてパーソナルコンピュータ上で開発している。

(2) 急斜地の回避方法

始終点間に存在する最重要なCPが急斜地のときは、図—3に示す急斜地の回避処理を行う。

形状が迂回不可能とは、急斜地が図—4のように始点あるいは終点を越える場合のことである。迂回可能ときは、仮回避点を設定する。仮回避点は、上回避の場合なら、最上の格子の中で、最左と最右の中央の格子の1格子の上側とする。つぎに、始点と仮回避点間、仮回避点と終点間で、許容縦断勾配を満足するかを調べる。満足しない場合には、さらに、1格子外側に仮回避点をとる。これは、山裾の低い側に路線をおろすことにあたる。満足する場合には、最小曲線半径の望ましい値で路線を結べるかを判断する。路線が結べると判断されれば、それを真回避点として認識する。また、最小曲線半径の望ましい値で結べないときには、最小値以上で結べられれば真回避点と認識する。この一連の回避処理の結果、回避点が路線選定範囲外に設定される場合、および適切な曲線半径で結べない場合には、迂回失敗として、通過により急斜地を回避しトンネルを設定する。

(3) トンネルの設定方法

a) トンネル処理の概略

図—3に示したように、システムでは次の場合、トンネル処理に入る。①仮回避点が路線選定範囲外に設定されるとき。②設定した仮回避点では、適切な曲線半径で結べないとき。③急斜地の形状が迂回不可能なとき。

①、②は、仮回避点が設定できたが迂回条件を満足しない場合であり、③は仮回避点を設定することができない場合である。用語の説明図を図—5に示し、以下トンネル処理について述べる。

b) 尾根格子の認識

山に垂直に進入するためには、尾根に垂直になるように進入すればよい。そこで、トンネル始終点を決定する

には、尾根格子を発見することが重要となる。仮回避点が設定された場合、仮回避点は山裾に存在しているので、線分始終点間の最高格子と仮回避点を結ぶ格子は尾根格子と考えることができる。一方、仮回避点が設定できない場合は、始点（または終点）から最高格子にかけて全体が急峻な地形であり尾根がはっきりと存在しないと考えられるので、始終点を結ぶ線に最高格子で直交する方向の格子を尾根格子と認識する。いずれの場合も、路線選定範囲内の格子を尾根格子とする。

c) トンネル始点（終点）候補格子の発見

各尾根格子から、まず始点方向へ結ぶすべての格子を認識し、始点から最急勾配で上がる高さや各格子の標高の差がはじめて10m以下になる格子をトンネル始点候補格子とする。つぎに終点方向へも同じことを行い、トンネル終点候補格子を発見する。さらに、尾根格子を移動させれば、いくつかのトンネル始点候補格子および終点候補格子が発見される。

つぎに、求めた各トンネル始点（終点）候補格子と線分始点（終点）とを結ぶ直線と、格子の平均標高のコンターとが直交しない格子を除き、直交する格子のみを改めてトンネル始点（終点）候補格子と認識する。

さらに、認識したトンネル始点候補格子と線分始点、およびトンネル終点候補格子と線分終点が適切な曲線半径で結ぶことができるかを判断する。この判断の際には、適切な曲線半径として、トンネル視距を考慮した望ましい曲線半径を用いる。この結果、条件を満足した格子を最終的なトンネル始点（終点）候補格子とする。

d) トンネル勾配の考慮

得られたトンネル始点候補格子とトンネル終点候補格子のあらゆる組み合わせをトンネル始終点对候補と認識する。ここで、トンネル始点候補格子とトンネル終点候補格子を結ぶ縦断勾配がトンネル許容縦断勾配を満足しない場合がある。この場合には、トンネル始点候補格子とトンネル終点候補格子のうち平均標高の高い格子を裾の向きに移動させ、トンネル許容縦断勾配を満足させる。

e) トンネル始終点の決定

勾配条件を満足したあらゆるトンネル始終点对候補について、式(1)で表されるトンネル判断指標を計算する。そして、この指標を最小にする組み合わせをトンネル始終点と決定する。 w は、路線中でトンネル区間をトンネル外区間と比較して、どの程度避けたいかを表す度合いである。通常、トンネル区間のほうを好むことはないので、1以上の実数が設定される。現在、システムでは技術者の意見を参考に1.2という値を入力しているが、状況によって変更が可能である。

$$T = d_1 + d_2 + w \times d_1 \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 T : トンネル判断指標

d_1 : 線分始点トンネル始点間距離

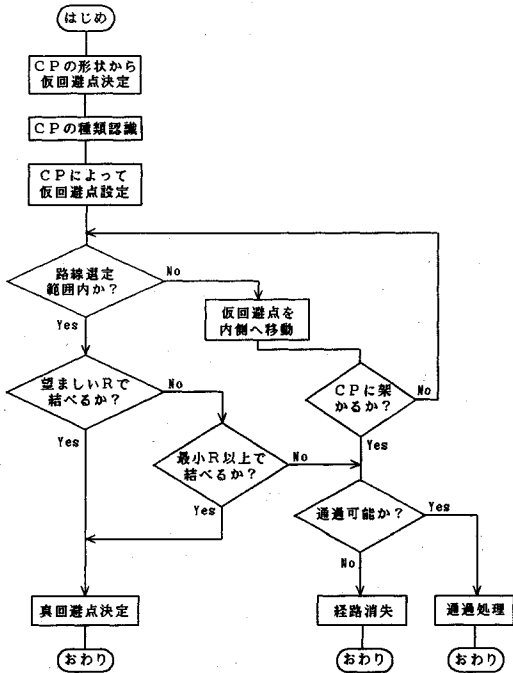


図-6 CP回避処理手順

表-2 CPの分類

種類	C P	備考
I	学校・病院 市街地、寺社・仏閣	
II	ゴルフ場	
III	地域開発計画、公園 風致地区、池沼	
IV	圃場整備地区	条里に合わせる
V	河川	できるだけ直角

d_2 : トンネル終点線分終点間距離

d_1 : トンネル始点間距離

w : トンネル判断の重み ($1 \leq w$)

(4) CPの回避方法

最重要CPが急斜地以外の場合には、図-6の処理を行う。仮回避点は、線分の始点と仮回避点を結ぶ直線がCPに掛からないように設定する。また、表-1からCPは、迂回したときの線分とCPとの望ましい距離、およびCP通過の可否を考慮して、表-2のように分類できる。システムでは、線分間の最重要CPの種類によって異なる処理を行う。以下、各種類の回避処理を述べる。

① 種類Iおよび種類II

種類IのCPは迂回距離が大きく、種類IIのCPは迂回距離が小さい。またこれらのCP上を通過することはできない。そこで、システムではCPを認識したときに決定した仮回避点の種類Iで100m(種類IIで

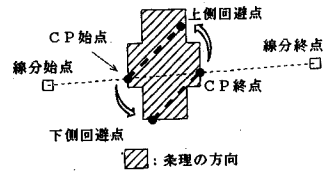


図-7 圃場整備地区の通過方法

50 m) 外側に新たな仮回避点を設定し、回避処理を行う。仮回避点が路線選定範囲外ならば、内側へ仮回避点を移動させる。そのとき、CPに掛かれば、その線分を含む路線を消失させる。また、適切な曲線半径を満たさなくても、回避処理をしている線分を含む路線をすべて消失させる。

なお、適切な曲線半径を満たさないと、曲線半径の望ましい値だけでなく、最小値さえも、迂回不可能と判断されることを指す。以下で用いるときも同様である。

② 種類III

この種類のCPは迂回距離が小さく、CP上を通過することができる。そこで、システムではCPを認識したときに決定した仮回避点の50m外側に新たな仮回避点を設定し、回避処理を行う。仮回避点が路線選定範囲外、あるいは曲線半径を満たさない場合には、通過処理に入る。この通過処理は、回避点を設定せずに線分の始点と終点を結びCP上を素通りさせて回避処理を終了させる。

③ 種類IV

この種類のCPは迂回距離が小さく、CP上を通過することができる。また、通過するときは条里に沿うことが条件となっている。そこで、システムではCPを認識したときに決定した仮回避点の50m外側に新たな仮回避点を設定し、範囲外あるいは曲線半径を満たさない場合には、通過処理に入る。

この種類の通過処理方法を図-7に示す。上側の回避処理のときは、上側に条里と平行になるよう回避点を取り、線分始点—CP始点—上側回避点—線分終点を結ぶ。下側のときは、同様に線分始点—下側回避点—CP終点—線分終点を結ぶ。

④ 種類V

この種類は、あまり迂回する必要がなく、通過可能なCPである。したがって種類I~IVとは異なり、このCPは迂回をせずに、通過のみを考える。通過方法は、河川の方角になるべく垂直にすることが条件となっている。なるべくというのは、設計速度、あるいは河川の幅によっては、路線の線形を重視して、必ずしも河川に垂直にはしない。つまり、このCPの回避では、どのような状況のときに、どのくらいの角度をつけるのかを知る必要がある。技術者の判断知識から、式(2)のようなルールが得られている。

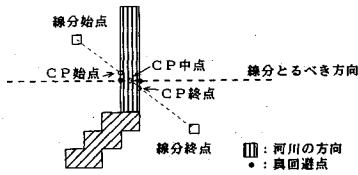


図-8 河川の通過方法

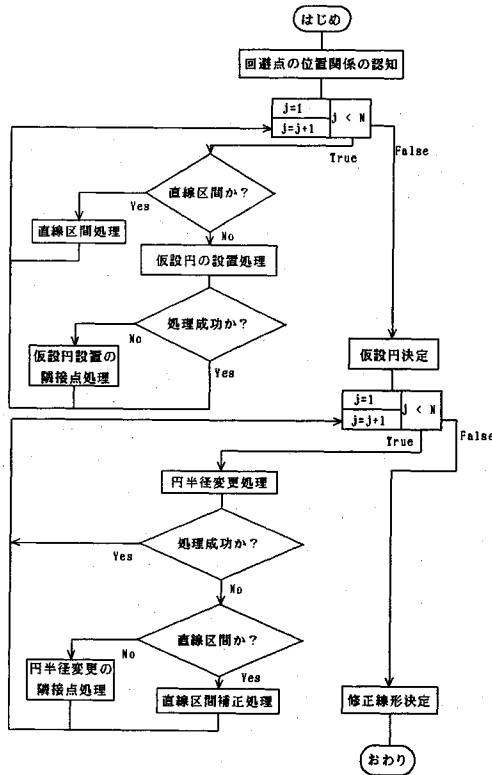


図-9 平面線形修正処理手順

もし、設計速度が低いかつ川幅が広い }(2)
ならば、ほぼ直角に横断する。

このように曖昧さを含んだルールを実行させるために、本研究では、ファジィ集合を用いた演算を行っている。技術者へのヒアリングから、低い、広い、直角のファジィメンバーシップ関数を決定しておく。つぎに、システム中で与えられる速度、川幅から、それぞれのメンバーシップ値が決定できる。2つのメンバーシップ値のminを、前件部のメンバーシップ値とする。さらに、そのメンバーシップ値をとる角度の大きさを求め、線分のとるべき方向とする。線分と路線のなす角が線分のとるべき値よりも直角に近いならば、真回避点を決定せずに素通りさせる。近くなければ、図-8のように、CP始点と終点の midpoint を軸として回転させ、真回避点を決定する。

(5) フリーハンド路線の決定

回避処理の結果、数本の路線が選定され、路線始点か

ら路線終点まで接続すべき回避点が決定される。本研究では、フリーハンド線としてスプライン曲線を採用して路線の選定結果をディスプレイに表示する。

(6) 路線の整形

a) 平面線形の修正

平面線形の修正手順を図-9に示す。

始点から終点まで各々の回避点を、 $t_0, t_1, \dots, t_j, \dots, t_N$ とする。まず、全回避点の位置関係から直線区間を認知する。そして、直線区間については直線の両端の回避点のみに、それ以外の区間については、始点から順に回避点上に基準半径の円、すなわち仮設円を設置する。基準半径とは、トンネル区間では視距を考慮した半径、それ以外の区間では最小曲線半径の2倍の半径を指す。ここで、連続する回避点の位置によって、トンネル区間ではトンネル内視距を考慮した半径の円、それ以外の区間では最小曲線半径の望ましい値を満足した円を描けない場合がある。そのときには処理失敗として、円を描けなかった2つの回避点に1つの円を設置する。このようにして、回避点上に仮設円を設置する。仮設円が設置されれば、つぎは仮設円を、許容曲線長を満足するように仮設円の半径を変更する。このとき、変更しても曲線長を満足しない場合や許容最小半径でも接線が引けない場合は、直線区間であれば両端の回避点の位置を少しずらし、直線区間でなければ2つの回避点に1つの円を設置する。

以上の処理から、曲線半径および曲線長を満足した円と直線による線形に修正される。

b) 縦断線形の決定

動的計画法を用いて、つぎのように縦断線形を決定する。路線始点から路線終点までの総延長を、100 mごとにk段階にきざみ、始点を第0段階、終点を第k段階とする。このとき、トンネル区間は、縦断決定区間から除外する。路線始終点は与えられた高さを、トンネル始終点は地盤高さより10 m低い高さを、計画高さとする。そして、土工量を最小となる各段階の高さを計画高さとする。ここで、各段階の計画高さは、つぎの2つの制約条件を満足するものでなければならない。第1条件は、第n段階の点と第n+1段階の点との勾配は、許容縦断勾配以下であること。ここで、各段階は100 mごとにきざんでいるので、勾配1%は2つの段階の高低差が1 mに対応する。第2条件は、第n段階と第n+1段階との勾配は、前後の区間に対して満足な視距を確保できること。このために、道路構造令で定められた最小縦断曲線半径の値から、余弦定理を用いて隣接する区間でとり得る縦断勾配差の値を算出している。

このようにして決定した各段階での計画高さを、直線で結び、縦断線形としてディスプレイに表示する。

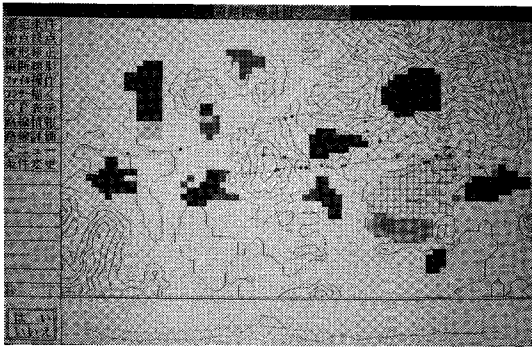


写真-1 路線選定結果 (その1)

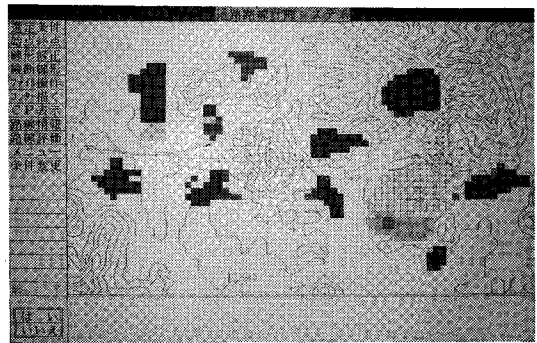


写真-3 路線選定結果 (線形整形後)

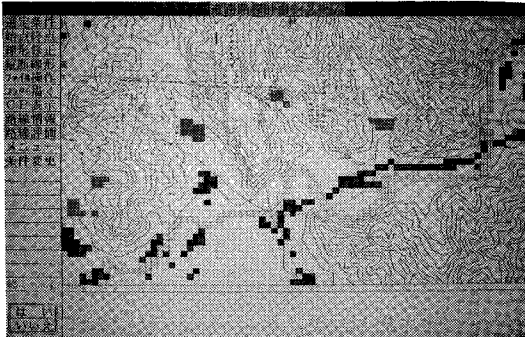


写真-2 路線選定結果 (その2)

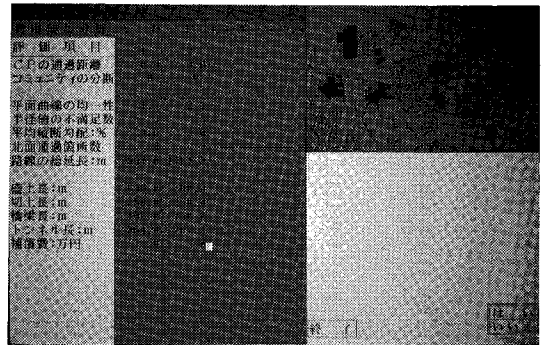


写真-4 路線情報表示画面

表-3 評価項目

評価項目
① 重要CPの通過距離
② コミュニティの分断の有無
③ 平面曲線半径の均一性
④ 最小曲線半径の望ましい値の 不満足数
⑤ 平均縦断勾配
⑥ 山の北斜面通過箇所数
⑦ 路線の総延長
⑧ 建設費
⑨ 用地補償費

表-4 路線評価結果

路線	費用便 益分析	AHP	コンコーダ スアナリシス	
			優位	劣位
①	6	6	6	3
②	2	3	3	2
③	1	2	2	4
④	4	4	4	5
⑤	3	1	1	1
⑥	5	5	5	6

(7) 候補路線の絞り込み

本研究では、路線の選定、整形に加えて得られた候補路線に関する情報を整理し、各評価手法を用いて候補路線の優先順位を決定することも検討している。評価手法としては、費用便益分析、AHP、コンコーダスアナリシスの3つの手法を用いる。

費用便益分析では、貨幣換算が可能な項目を評価項目とする。すなわち、費用としては、土工費、トンネル建設費、橋梁建設費、用地補償費を、便益としては、時間便益、走行便益を考える。そして各路線ごとに相対的な費用および便益を求め、費用便益比率を算出する。

一方、AHPとコンコーダスアナリシスでは、貨幣換算が不可能な項目についても評価できるので、技術者

が路線絞り込みの際に考慮している情報をすべて評価項目とする。設定した項目を表-3に示す。建設費は、土工費、トンネル建設費、橋梁建設費の合計とする。

ここで、表-3に示した評価項目の本システムでの内容について付言する。項目①は、環境面を評価するための項目であり、学校・病院、寺社・仏閣、市街地を、路線が通過している距離で表す。項目②は、路線が市街地を横断しているかしていないかを表す。項目③は、走行性を評価するための項目であり、連続する2つのカーブの曲線半径の比の値の中で、最大の比の値で表す。項目④は、路線中のカーブの中で最小曲線半径の望ましい値を満足しないカーブの数を表す。項目⑤は、決定した縦断線形で、同一勾配の区間ごとに勾配値を計算し、それ

を平均した値を表す。項目⑥は、急斜地を回避するとき北側へ迂回した回数を表す。項目⑦は、路線の始点から終点までを平面線形修正後の道のりで表す。項目⑧は、次項に示す土工費、トンネル建設費、橋梁建設費で表す。項目⑨に関しては、路線通過地によって地価に変動がないとして、補償費のみを取り扱う。

そして、技術者から得た各評価項目のウエイトを用いてAHP、コンコーダンスアナリシスによって、路線を評価する。

6. システムの適用

システムの有効性を検討するために、和歌山県有田郡湯浅町付近のデータへの適用を行った。路線選定結果を写真—1に示す。6本の路線が選定された。また、写真—1に隣接した地域のデータへの適用結果を写真—2に示す。ここでは、2本の路線が選定された。写真中の色をつけた部分がCPである。

つぎに、写真—1を本研究で示した方法によって整形した結果を写真—3に示す。写真中の下枠部分には決定した縦断線形を表示している。

また、写真—3の路線選定結果より各候補路線に路線番号をつけ、写真—4のように路線に関する情報が出力される。それを用いて、各候補路線を評価した結果をまとめたものが表—4である。ここで、実際に技術者が海南湯浅道路として選択した路線は、路線③に近いルートである。

これら海南湯浅道路の2区間のほか、中国縦貫自動車道の北房付近の1区間にも適用してみたところ、出力された候補路線の1つは現在供用中のルートとほぼ同じものとなった。

7. 結 論

本システムの実地形への適用結果について、ヒアリングを行った技術者に意見を求めたところ妥当な結果が得られているということであった。

以上のように本研究では、道路技術者の判断知識を取り入れて第1次概略設計を行うシステムを開発し、2, 3の実地形に適用してみたところ良好な結果を得ることが

できた。今後、急斜地の各種工法による通過法、縦断線形中のコントロールポイントのシステムへの付加、平面線形、縦断線形の整合性の評価等、各種の機能が追加されれば、一層システムの性能は向上するものと思われる。

なお、本研究は筆者らが神戸大学大学院に在職、在籍時に実施したものである。

謝辞：道路技術者として判断知識を提供して頂いた国際航業(株)の杉本修一氏他の各位に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 中堤治朗：路線適地自動選定に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第338号，pp.177~186，1983年10月。
- 2) 穴瀬 真・大久保幸彦・加藤 誠・中曾根英雄・尾崎益雄・矢橋晨吾：電算機(パソコン)による傾斜地の道路路線選定法，農業土木学会誌，第55巻，第4号，pp.51~53，1987年4月。
- 3) A.K. Turner and R.D. Miles：GCARS システム，高速道路と自動車，Vol.XV，No.8，pp.82~94，1972年。
- 4) E.P. Chew, C.J. Goh, and T.F. Fwa：Simultaneous optimization of horizontal and vertical alignment for highways, Transpn. ResB, Vol.23B, No.5, pp.315~329, 1989.
- 5) 村井俊治・嶋田厚二：路線選定システムにおける平面曲線の自動整形の試み，土木学会論文報告集第174号，pp.73~83，1970年2月。
- 6) 丸安隆和・村井俊治・大林成行・金森 真：比較路線選定の自動化に関する研究，生産研究23巻・4号，pp.127~137，1971年4月。
- 7) 丸安隆和・村井俊治・大林成行：路線計画および設計を対象とした帯状デジタルトレインモデルの作成，写真測量，Vol.10・No.2，pp.22~29，1971年。
- 8) 村井俊治・大林成行：サーキュロイド曲線を用いた新しい道路設計の手法，土木学会論文報告集第211号，pp.55~62，1973年3月。
- 9) 枝村俊郎・長尾克宏・八島 敦：道路路線選定システムの試み，土木学会第45回年次学術講演会講演概要集，第4部，pp.688~689，平成2年9月。
- 10) 笹川耕司・枝村俊郎・篠崎信広：道路路線選定システムにおける山塊の迂回方法等の改良，土木学会第46回年次学術講演会講演概要集，第4部，pp.46~47，平成3年9月。

(1992.4.30 受付)

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED HIGHWAY ROUTING SYSTEM

Toshiro EDAMURA, Katsuhiko NAGAO and Koji SASAKAWA

An automated highway routing system on a personal computer has been developed. Inputting topological data including such control points as location of residential developments, parks, shrines, temples, rivers and ricefields, the system gives automatically several candidate highway routes which satisfy design conditions following given skilled engineer's judgements. The system can give routes shown by either freehand lines following spline curves or lines composed with straight lines and circles. The system also has an evaluation system which follows AHP, concordance analysis and cost-benefit analysis.