

## I-5 河川測量モデルと河川断面補間に関する一提案

## A Proposal on River Survey Models and Cross Section Interpolation

指宿 晃典\*, 山本 一浩\*\*, 小林 一郎\*\*\*, 北岡 哲郎\*\*\*\*, 渡邊 健介\*\*\*\*\*

Akinori Ibusuki, Kazuhiro Yamamoto, Ichiro Kobayashi, Tetsuro Kitaoka, Kensuke Watanabe

【抄録】本論文では、プロダクトモデルの考え方にに基づき、河川測量モデル(平面測量モデルと横断面測量モデルから構成される)のXML記述法を提案する。さらに、河川測量データに対し、断面補間を行い、河川測量データを作成するアルゴリズムを示し、九頭竜川(福井県)を適用事例として、本手法の有用性について論じた。

【Abstract】Based on product models, this paper proposes how to set up two-dimensional river survey model in XML, which is composed of plane survey models and cross-section survey models. Moreover, three-dimensional river survey model can be inserted by using these two-dimensional river survey models. The algorithm is also presented in this paper. The pilot experiment was done in Kuzuryu River project located in Fukui Prefecture. In which, its validation is verified.

【キーワード】プロダクトモデル, 河川プロジェクトモデル, 河川測量モデル, 断面補間

【keywords】Product Model, River Project Model, River Survey Model, Cross Section Interpolation

## 1. はじめに

国土交通省はCALIS/ECアクションプログラムの一環として、プロダクトデータによる電子納品を予定している<sup>1)2)</sup>。プロダクトデータとは、構造物をもつ3次元の形状や材質といった情報をXML(eXtensible Markup Language)形式<sup>3)</sup>で記述するプロダクトモデルに則ったデータであり、設計、解析、積算、施工管理といった一連の業務プロセスにおいてデータの再利用が可能である。現在、橋梁、道路といった構造物のプロダクトモデルの研究・開発が進められている<sup>2)4)</sup>。

筆者らは、河川に関するプロダクトモデルの構築を検討しているが、流域ごとに行われる河川行政全般を一つのプロジェクトと考え、(a)広範囲にわたる流域の地形モデル、(b)河道内の地形モデル、(c)構造物モデル(河川関連の構造物)から構成されるモデルを、河川プロジェクトモデルと呼ぶことを提案した<sup>5)</sup>。(a)につい

ては、現在の測量技術の発展に伴い、レーザを用いた測量により、従来とは比べものにならないほど簡易的に3次元データを得ることができるようになった。これらのデータについてはLandXML<sup>6)</sup>の記述法に従う。(b)の河川測量に関しても同様の試みがなされているが、本論文では、2次元の河川測量データのモデル化を提案する。その理由として、河道内においては以下の1)、2)のような問題点が挙げられるからである。さらに、河川の計画・設計・施工・維持管理において2次元データが必要な理由として3)、4)などがある。

- 1) 現在の航空測量では、水面下を詳細に測量することは技術的に困難であるため、河床部の詳細なデータが必要である河川の地形モデルの構築ができない。
- 2) 上記1)の解決策として、小型船舶による河床のレ

\* 学生員 熊本大学大学院自然科学研究科環境土木工学専攻(〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

\*\* 正会員 国土交通省近畿地方整備局 福井河川道路事務所(〒918-8015 福井市花堂南2丁目14-7)

\*\*\* 正会員 熊本大学工学部環境システム工学科 教授(〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

\*\*\*\* 非会員 (株)構造計画研究所 AEC 営業本部 (〒164-0011 東京都中野区中央4丁目5-3)

\*\*\*\*\* 学生員 熊本大学大学院自然科学研究科環境土木工学専攻(〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)



- ① 過去の2次元測量データの利用も可能であるため、河川管理において重要となってくる河道形状の経年変化を把握することが可能である。
- ② 基礎情報と形状情報を併せて用いることで、現場における情報伝達の媒体として欠かすことができない図面への流れも担保できる。
- ③ これまでの測量業務をそのままのかたちで活かすことができるため、スムーズな導入を図ることができる。

河川測量モデルは、平面に関するデータなどが記述される平面測量モデル、横断面に関するデータなどが記述される横断面測量モデルに大別される。

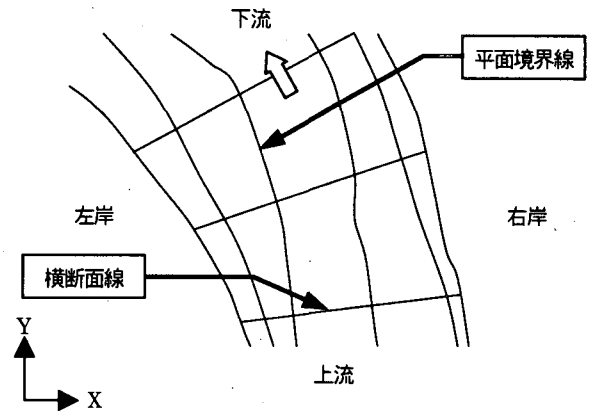


図-2 平面境界線と横断面線

### 2.2 平面測量モデル

平面測量モデルのデータ構成は、表-1 に示すように、基礎情報と形状情報に分けられる。表中の平面境界線と横断面線は、図-2 に示す通りである。なお、本文中、河川は紙面上方を下流として図を含め記述する。

図-3のように、平面測量モデルを提案する。データがXMLで記述されていることを示すXML宣言<?xml version="1.0"?>を最上段におき、二段目以降の全体内容を<平面測量モデル></平面測量モデル>で囲み、その中を<基礎情報>と<形状情報>に分け、階層的にデータ構成を行った。たとえば、距離標11.8Kの横断面線に関するデータは<横断面線 name="11.8K"></横断面線>でくくり、左岸側の距離標と右岸側の距離標のXY座標データをそれぞれ<左岸側距離標></左岸側距離標>、<右岸側距離標></右岸側距離標>の中に記述した。<平面境界線 id="1"></平面境界線>の中には最も左岸寄りの平面境界線に関するデータを記述した。平面境界線のid

```
<?xml version="1.0"?>
<平面測量モデル>
  <基礎情報>
    <河川名>九頭竜川</河川名>
    <測量年月日>20020328</測量年月日>
    .....中略.....
  </基礎情報>
  <形状情報>
    <横断面線 name="11.8K">
      <左岸側距離標>16009,14583</左岸側距離標>
      <右岸側距離標>16478,14769</右岸側距離標>
    </横断面線>
    <横断面線 name="12.0K">
      .....中略.....
    </横断面線>
    .....中略.....
    <平面境界線 id="1">
      <座標>15997,14578</座標>
      <座標>16010,14554</座標>
      <座標>16020,14529</座標>
      .....中略.....
    </平面境界線>
    <平面境界線 id="2">
      .....中略.....
    </平面境界線>
    .....中略.....
  </形状情報>
</平面測量モデル>
```

図-3 平面測量モデル

表-1 平面測量モデルの記述内容

構成	内容	備考
基礎情報	河川名	測量対象河川名
	測量年月日	測量を実施した年月日
	納品年月日	測量成果の納品年月日
	発注者	測量業務の発注者名
	受注者	測量業務の受注者名
	測量範囲	平面測量の対象範囲
形状情報	横断面線	兩岸の同一距離標を通る直線
	平面境界線	堤防敷、高水敷、低水路等の境界を表す線

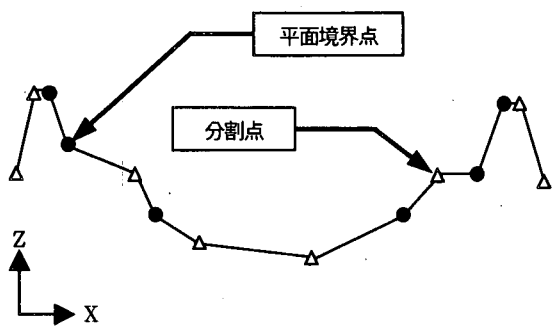


図-4 分割点と平面境界点

```
<?xml version="1.0" ?>
<横断面測量モデル>
  <基礎情報>
    <河川名>九頭竜川</河川名>
    <距離標>11.8K</距離標>
    <測量年月日>20021021</測量年月日>
    <納品年月日>20030217</納品年月日>
    .....中略.....
  </基礎情報>
  <形状情報>
    <分割点 id="1">115.0,383.6</分割点>
    <分割点 id="2">120.0,383.6</分割点>
    <分割点 id="2">126.3,381.2</分割点>
    .....中略.....
    <分割点 id="15">145.0,432.2</分割点>
    .....中略.....
    <平面境界点 id="1">1</平面境界点>
    <平面境界点 id="2">15</平面境界点>
    .....中略.....
  </形状情報>
</横断面測量モデル>
```

図-5 横断面測量モデル

は左岸側より id=1, 2, 3 とする。〈座標〉〈座標〉の中に記述される XY 座標データを順次つなぐことによって平面境界線が形成される。なお、長さの単位には m を用いる。

2.3 横断面測量モデル

表-2 に、横断面測量モデルのデータ構成を基礎情報と形状情報に分けて示した。形状情報のうち図-4 に分割点と平面境界点を示す。横断面上に配置された全ての点を分割点と呼ぶが、図-2 で定義した平面境界線と横断面線の交点は、特に平面境界点と呼ぶ。

図-5 の横断面測量モデルは平面測量モデルと同じように、XML 宣言を最上段に、二段目以降の全体内容を〈横断面測量モデル〉〈横断面測量モデル〉で囲む。形状情報には横断面に関する 2 次元データである〈分割点〉、〈平面境界点〉のデータが記述される。〈分割点 id="1"〉〈/分割点〉の中のデータは最も左岸寄りの分割点の XZ 座標データが記述される。分割点、平面境界点の id は左岸側より id=1, 2, 3 とする。〈平面境界点 id="2"〉〈/平面境界点〉でくくられた 15 は〈分割点 id="15"〉の 15 に対応している。つまり、左岸側より 15 番目の分割点が左岸から 2 番目の平面境界点と一致する。

平面境界点の座標値に関しては、平面測量モデルでは XY 座標値が、横断面測量モデルには XZ 座標値が記述されている。

表-2 横断面測量モデルの記述内容

構成	内容	備考
基礎情報	河川名	測量対象河川名
	測量年月日	測量を実施した年月日
	納品年月日	測量成果の納品年月日
	発注者	測量業務の発注者名
	受注者	測量業務の受注者名
	距離標	測量対象となった横断面の距離標の値
	計画洪水位	洪水を安全に流下させるための基準となる水位
	計画堤防高	計画高水位に余裕高を加えた高さ
	計画高水敷高	洪水を安全に流下させるための基準となる高水敷の高さ
	計画河床高	河道計画上必要になる河床の高さ
	低水路断面積	低水路の断面積
	余裕高	一時的水位上昇に対する堤防高の余裕
	河川幅員	河川の幅
	平水位	1年のうち185日はこれを超える水位
	最深河床高	河床の最も深い地点の標高
	左岸現況堤防高	現況における左岸側の堤防の高さ
	右岸現況堤防高	現況における右岸側の堤防の高さ
形状情報	分割点	横断面上の地形の変化点
	平面境界点	分割点の中で平面境界線に対応する横断面上の点

測量を個々に再発注できるのが本提案の利点の1つであるが、上記の同一分割点のX座標の値が平面測量モデルと横断面測量モデルで異なる可能性がある。その場合には、横断面の測量データを正とし、常に平面測量モデルのデータを修正しておくものとする。特に第3章で述べる断面補間においては、河川測量モデルのデータをすべて用いるため、重複データの数値を一致させておくことが望ましい。

### 3. 補間アルゴリズム

#### 3.1 平面境界点の設定

2次元河川測量モデルから3次元測量モデルを作成する断面補間のアルゴリズムについて述べる。一般に河川の横断面図は距離標の設置箇所に準じて、ある一定の距離間隔で存在するため、中間の横断面データは存在しないことが多い。詳細な3次元データを得るために、既知の横断面データと平面データを利用して断面補間を行う補間プログラムを作成する。図-6は図-2と同様のもので、上方を下流とする。平面境界線を左岸から順に $Q_i (i=1, 2, \dots, D)$ 、横断面線を下流から順に $S_j (j=1, 2, \dots, J)$ とする。すべての交点が平面境界点である。図-7に任意の横断面( $S_j$ )における点データを示す。すべての点が△印の分割点(図-7(a))であるが、特に図-6の平面境界点は●印で表す(図-7(b))。図-8に平面図上での交点の配置を示す。 $p_{ij} (i=1, 2, \dots, I, j=1, 2, \dots, J)$ が平面境界点であり、隣り合う横断面 $S_j$ と $S_{j+1}$ の平面境界点以外の分割点をそれぞれ $a_k (k=1, 2, \dots, K_a), b_k (k=1, 2, \dots, K_b)$ とする。

#### 3.2 補間断面線・仮想断面線の配置

図-9に示す、隣り合う横断面 $S_j, S_{j+1}$ の間に実線で示す $M$ 個の補間断面 $T_k (k=1, 2, \dots, M)$ と点線で示す $N$ 個の仮想断面 $U_k (k=1, 2, \dots, N)$ の分割点を補間する。なお、 $U_k$ は計算上は $T_k$ と同一のアルゴリズムにより求められるが、3.4で後述する $T_k$ の補間分割点の高さ( $Z$ 座標)を求める際に必要となる。補間はまず、 $XY$ 座標について行う。図-9のように最左端の平面境界線 $Q_1$ と $S_j, S_{j+1}$ の交点 $p_{1j}, p_{1j+1}$ を結ぶ線分を $L_1$ 、同様に最右端の平面境界線 $Q_I$ と $S_j, S_{j+1}$ の交点 $p_{Ij}, p_{Ij+1}$ を結ぶ線分を $L_I$ とする。 $L_1, L_I$ をそれぞれ $\varepsilon (0 < \varepsilon < 1)$ で内分し、それぞれの内分点を結んだ直線を補間断面線 $T_k$ とする。 $\varepsilon = k/(M+1)$ とする。つ

まり $L_1$ と $L_I$ の線分を $M+1$ 等分した点を結ぶことで $T_k$ が求められる。 $U_k$ も同様に $N+1$ 等分すればよい。

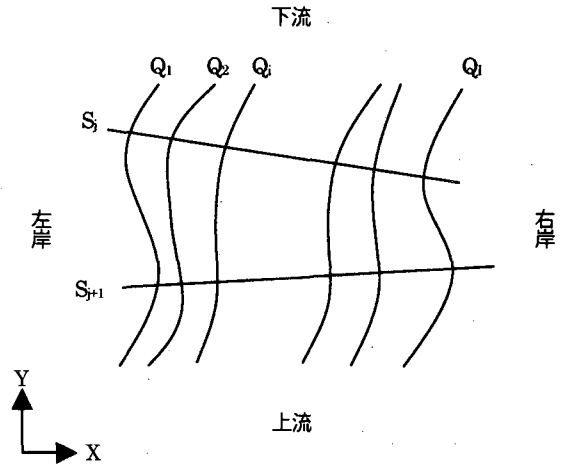


図-6 平面の入力パラメータ

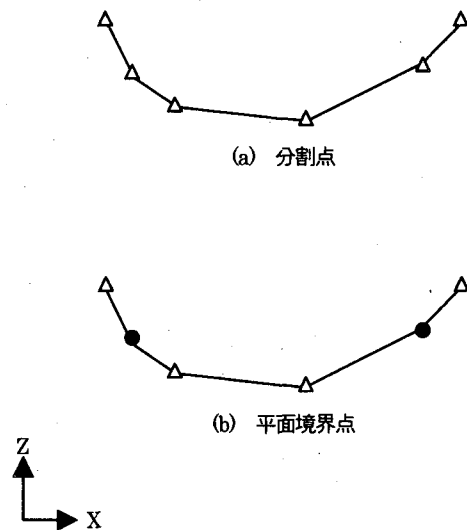


図-7 横断面の入力パラメータ

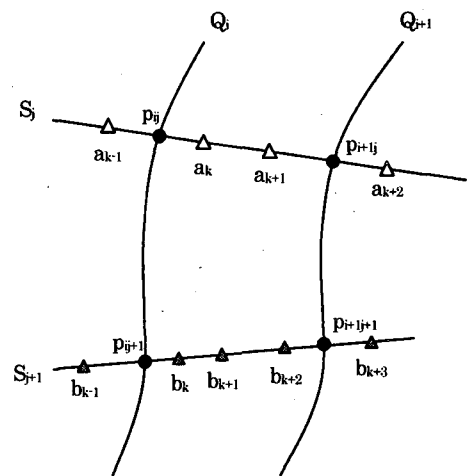


図-8 交点の決定

点  $p_{ij}$ ,  $p_{i+1,j}$  の XY 座標をそれぞれ  $(x_{p_{ij}}, y_{p_{ij}})$ ,  $(x_{p_{i+1,j}}, y_{p_{i+1,j}})$  とすると  $t_{ik}$  の座標は次の(1), (2)式により求められる。

$$x_{t_{ik}} = x_{p_{ij}} + \varepsilon(x_{p_{i+1,j}} - x_{p_{ij}}) \quad (1)$$

$$y_{t_{ik}} = y_{p_{ij}} + \varepsilon(y_{p_{i+1,j}} - y_{p_{ij}}) \quad (2)$$

ただし、このようにして求められるのは、図-10 の  $T_k$  線上の○印の2点である。この2点は、平面境界点であり、 $Q_i$ ,  $Q_{i+1}$  上(図中●印の2点)になければならない。このようにして  $T_k$  の両端の2点  $t_{ik}$ ,  $t_{i+1,k}$  を決定する。さらに、 $Q_2 \sim Q_{i-1}$  上の平面境界点と  $T_k$  の交点もまた、 $T_k$  上の平面境界点として決定する。

### 3. 3 補間断面の分割点の算出

図-10 により線分  $T_k$  が確定するので分割点の補間を行う。ここでは説明を簡略化し、隣り合う平面境界点  $Q_i$ ,  $Q_{i+1}$  についてのみ述べる。

いま、図-11 のように横断面  $S_j$  上の  $Q_i$ ,  $Q_{i+1}$  の間に  $p_{ij}$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $p_{i+1,j}$  の4つの分割点があり、 $S_{j+1}$  上に  $p_{i+1,j+1}$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $p_{i+1,j+1}$  の5つの分割点があったとする。両方のデータ数が同じであれば問題ないが、異なる場合は  $S_j$  と  $T_k$ , あるいは  $S_{j+1}$  と  $T_k$  の間で TIN (Triangulated Irregular Network) データが構成されない恐れがある。

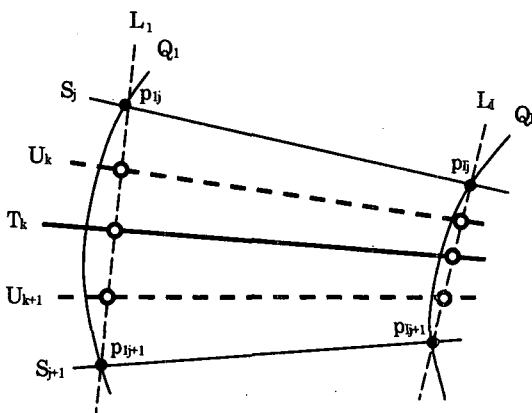


図-9 補間断面線と仮想断面線

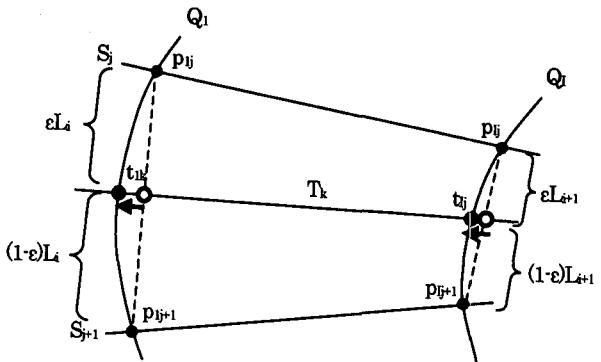


図-10 補間断面線の決定

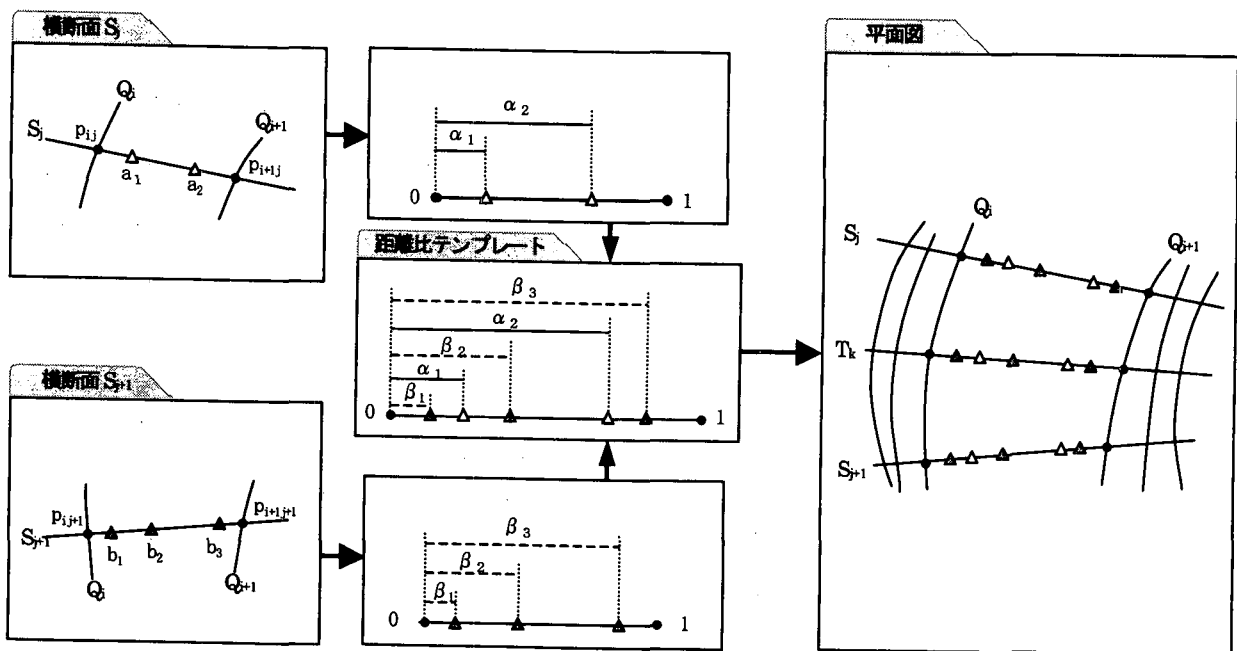


図-11 分割点の配置

そこで、アルゴリズムでは  $S_j$  上に  $b_1', b_2', b_3'$  の点を、 $S_{j+1}$  上に  $a_1', a_2'$  の点を新たに発生させ、両線分とも 7 つの分割点を持たせるものとする。具体的には、両横断面線に配置されたそれぞれの分割点  $a_i, b_i$  を距離比  $\alpha_i, \beta_i (0 < \alpha_i < 1, 0 < \beta_i < 1)$  を維持したまま  $S_j, S_{j+1}$  にも分割点を配置する。これを距離比テンプレートと呼ぶが、これを用い  $T_k$  上にも分割点を配置する。 $T_k$  上の XY 座標は次の(3)~(6)式により求められる。

$$x_{i,k} = \begin{cases} x_{p_{ik}} + \alpha_i(x_{p_{i+1,k}} - x_{p_{ik}}) & (3) \\ x_{p_{ik}} + \beta_i(x_{p_{i+1,k}} - x_{p_{ik}}) & (4) \end{cases}$$

$$y_{i,k} = \begin{cases} y_{p_{ik}} + \alpha_i(y_{p_{i+1,k}} - y_{p_{ik}}) & (5) \\ y_{p_{ik}} + \beta_i(y_{p_{i+1,k}} - y_{p_{ik}}) & (6) \end{cases}$$

同様にして仮想断面線  $U_k$  の分割点も求める。

以上の作業をすべての断面線で実行することで分割点の XY 座標値を決定する。

### 3. 4 各分割点の高さの補間

分割点の高さ(Z 座標)は次のようにして求める。 $T_k$  と  $U_k$  を含むすべての分割点を配慮し、距離比の対応する分割点をつなぐと図-12 のような平面境界線と類似した折れ線ができる。折れ線と断面線  $T_k$  の交点を  $t_{ik}$  とする。同じ折れ線と  $S_j, S_{j+1}$  との交点をそれぞれ  $g_{ij}, g_{i+1,j}$  とする。 $R_i$  の  $g_{ij}, g_{i+1,j}$  の間の折れ線の距離の総和を求め  $g_{ij}, t_{ik}, g_{i+1,j}$  の距離の比を  $\gamma_k, \gamma_{k+1} = 1 - \gamma_k$  とする。 $t_{ik}, g_{ij}, g_{i+1,j}$  の Z 座標をそれぞれ  $Z_{ik}, Z_{ij}, Z_{i+1,j}$  とすれば、(7)式により Z 座標が求められる。

$$Z_{ik} = \gamma_k * Z_{i+1,j} + (1 - \gamma_k) * Z_{ij} \quad (7)$$

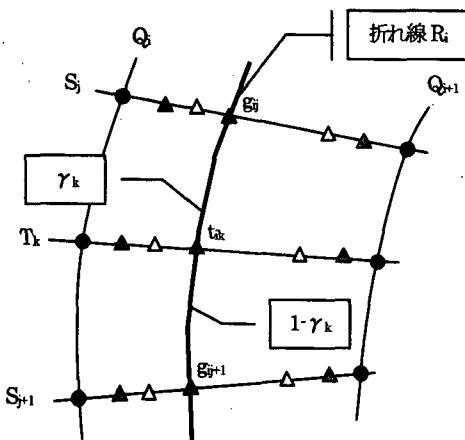


図-12 分割点の配置

## 4. 適用事例

### 4.1 適用河川

福井県を貫流する九頭竜川を適用事例に、補間プログラムを用い、データの 3 次元化を行った。適用範囲は下流側より距離標 11.8k 地点から 13.8k までの 2000 m 区間である。適用区間 200m 毎の 11 断面分の横断面データと平面データのあわせて 12 組のデータを用いた。

### 4.2 補間プログラム

補間プログラムは C++ 言語で作成し、CAD アプリケーションに実装した。CAD アプリケーションには、Autodesk 社の Land Desktop 3 (以後 LDT3 と呼ぶ) を使用した。LDT3 の特徴としては LandXML 対応であること、TIN 構築が可能であることなどである。

CAD アプリケーション上で動作するプログラムとしたのは以下の理由による。

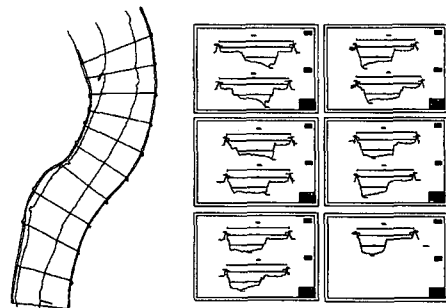


図-13 入力データの CAD 図面

表-3 平面入力データ構成

データ名	データ名	ポイント数
横断面線	11.8k-13.8k	22(2points*11lines)
平面境界線	左岸側堤外地堤防法肩線	84
	左岸側堤外地堤防法尻線	116
	左岸側水面境界線	340
	右岸側水面境界線	230
	右岸側堤外地堤防法尻線	100
	右岸側堤外地堤防法肩線	68

表-4 横断面入力データ構成

データ名	データ名	ポイント数
分割点(うち平面境界点)	11.8k	123(6)
	12.0k	138(6)
	12.2k	102(6)
	12.4k	94(6)
	12.6k	87(6)
	12.8k	93(6)
	13.0k	103(6)
	13.2k	107(6)
	13.4k	102(6)
	13.6k	95(6)
	13.8k	106(6)

- ① 図-1 に示すように、現時点では紙図面→CAD データ→XML ファイルの順にデータが作られるため、CAD 上で平面境界線をつなぐなどの作業が必要となる。
- ② 図-10 で示した平面境界線の移動も CAD 上で確認しつつ実行する方がデータ管理しやすい。

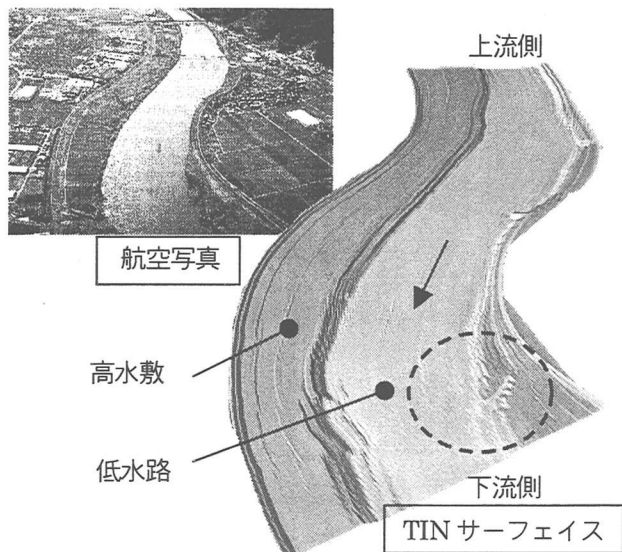


図-14 補間断面による TIN 構築後データ

- ③ アルゴリズムの検証においては、数値的かつ図形的に検証可能な環境が適当である。

このような理由から CAD アプリケーション実装としている。

1) 入力データ

入力データは平面測量モデル、横断面測量モデルの形状情報を用いる。データは、平面 1 組及び横断面 11 組の計 12 組であり、CAD 上での図面データを図-13 に、構成の詳細を表-3, 4 に示す。

2) 計算結果

補間における条件設定は補間断面数  $M=3$ 、仮想断面数  $N=8$  とした。補間後、現況断面及び補間断面は 3 次元空間に配置されることで LDT3 上で TIN 構築まで可能である(図-14: サーフェイス表示)。

また、一区分分(11.8k-12.0k)の入力断面(2 断面)と補間断面(3 断面)を取り出したものを図-15 に示す。これより、2 入力断面間で漸次断面形状が変化している様子が分かる。

また、補間前と補間後の断面をそれぞれ 3 次元空間に配置した地形データから TIN を構築したものを図-16 に示す(図-14 の破線で囲んだ箇所)。これらに、水面を想定し水深を変動させたところ、補間によって得られた地形データでは水面境界線が地形に沿って変化していることから、詳細地形となったことが分かる。

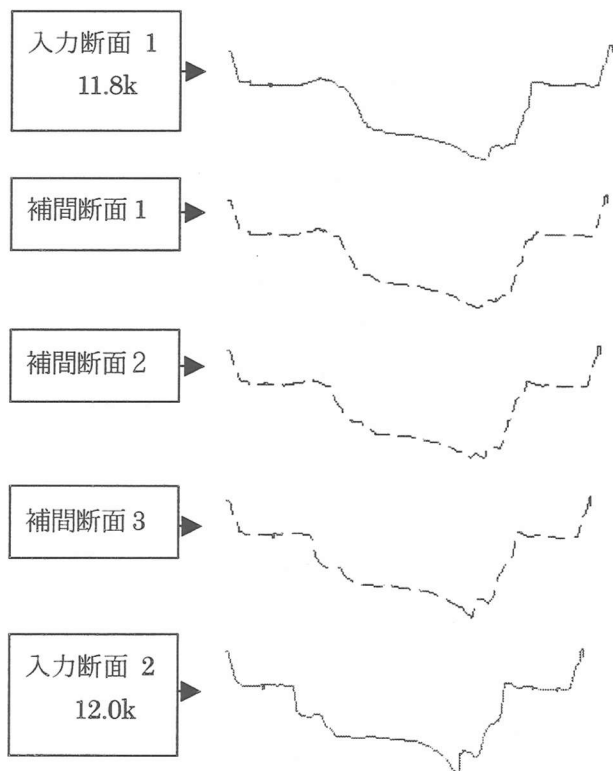


図-15 入力断面及び補間断面(11.8k-12.0k 区間)

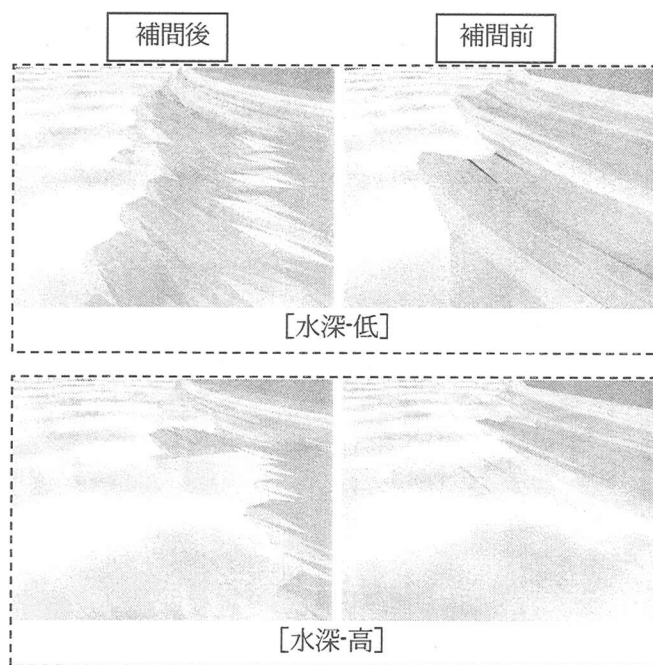


図-16 水面形の変化

### 4.3 補間プログラムの検証

補間後の断面と既存断面を比較し、補間プログラムの精度検証を行った。検証方法として既存断面を利用した以下のような比較を行うこととした。

精度が最も低くなる条件(M=1, N=0)で補間を行うこととし、補間断面が既存断面と一致するように入力断面を選定する。例えば11.8K-12.2Kの断面を入力し、得られた12.0Kの補間断面と既存断面を比較する。入力断面間隔は既存断面が200m間隔であることから、400m(比較対象8断面)及び800m(比較対象6断面)とした。図-17のように既存断面と補間断面をX方向にそれぞれ100等分し、その各点のZ値の残差2乗和を用いた。分割数を100としたのは、11断面にける分割ポイント数が平均で約100個程度であったためである。400m及び800m間隔での各断面での残差2乗和のグラフを図-18に示す。

また、図-18のグラフより特徴的な断面比較を図-19に示す。

### 4.4 考察

補間プログラムの検証で、入力断面の間隔を変えて2通りの断面補間を行った。図-18で示した特徴的な3断面a, b, cについて、図-19に既存断面と補間断面を比較した。a断面は400m間隔の補間で最も精度が低かったもので、その原因としては入力断面に対して補間位置の既存断面が窪地となっており地形の急変箇所で精度が低くなることが分かった。b・c断面は400m・800m間隔ともに最も精度が高かった箇所でc断面での平均残差±0.26mとなった。

また、図-18から分かるように400m間隔の補間断面は、800m間隔の場合に比べ、その精度が向上していることが分かる。それぞれの平均残差は、400m間隔では約±0.46m、800m間隔では約±0.96mとなった。このことから実際に断面補間を行う200m間隔の断面補間においては、それ以上の精度が得られるものとなる。なお、200m間隔での平均残差の推測値は約±0.33mと算出された。また、これは精度が低くなる条件下での平均残差であり、実際はこれよりも高い精度になると考えられる。

地形図をデジタル化したデジタルマップにおける標高点精度は、詳細設計で用いられる1/250, 1/500レベルでは±0.25m, 予備設計で用いられる1/1000では

±0.33mとされている。このことから、補間プログラムによって得られる地形データは、1/1000相当以上の精度があり予備設計に十分対応が可能であることが言える。



図-17 補間プログラムの精度検証方法

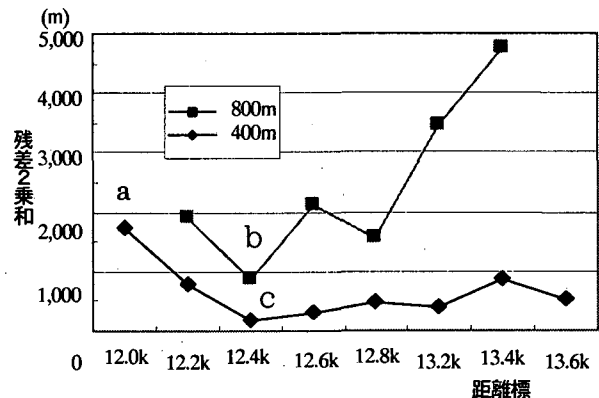


図-18 各横断面における残差2乗和

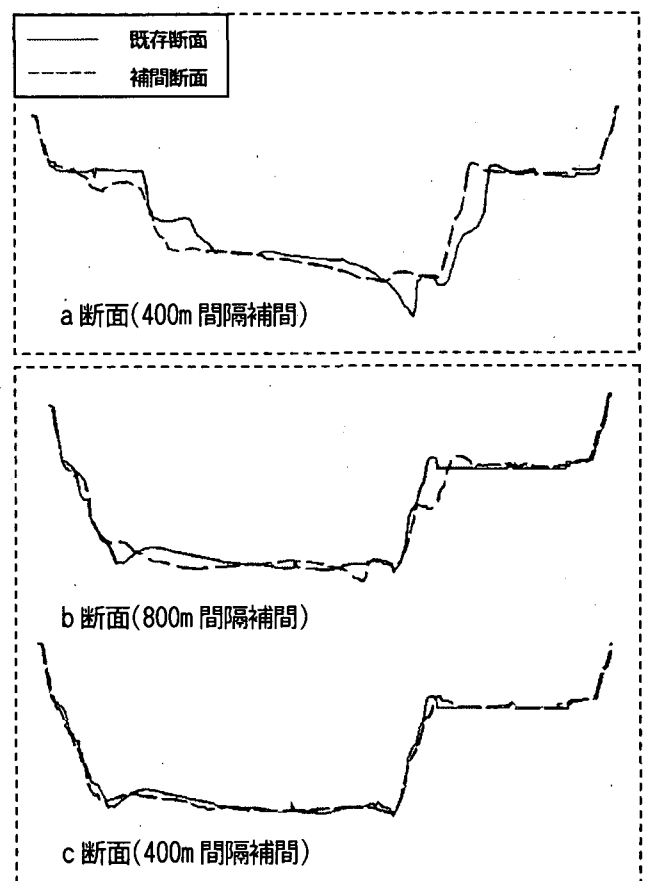


図-19 既存断面と補間断面の比較

## 5.まとめ

- 1) 河川に関するプロダクトモデルとして、河川測量モデルを提案した。また、河川測量モデルの利点を述べデータの流れの概念を示した。
- 2) 河川測量モデルを、平面測量モデル及び横断面測量モデルの2つのモデルからなるものとし、それぞれのXML記述法を示した。
- 3) 河川測量モデルの2次元データから河道内の地形モデルを作成するための断面補間法を考案し、そのアルゴリズムを示した。
- 4) 補間アルゴリズムに基づきプログラムを作成し、補間断面と実断面との比較で良好な結果を得られ、アルゴリズムの有効性を確認した。

### <参考文献>

- 1) 国土交通省公共事業支援統合情報システム：  
<http://www.mlit.go.jp/tec/cals/>, 2003年5月現在
- 2) 財団法人日本建設情報総合センター：  
<http://www.jacic.or.jp/>, 2003年5月現在
- 3) 河内, 村上他：建設業界のためのXML, 工学社, 2002.
- 4) 矢吹信喜他：IFCに基づいたPC中空床版橋の3次元プロダクトモデルの開発, 平成14年度土木情報システム論文集, pp.35-44, 2002.
- 5) 山本一浩他：河川におけるプロジェクトモデルに関する一提案, 第28回情報利用技術論文集(投稿中), 2003.
- 6) LandXMLorganizaton：<http://www.landxml.org/>, 2003年5月現在
- 7) 国土交通省河川局：<http://www.mlit.go.jp/river/>, 2003年5月現在