

CommonMP 要素モデル 解説書

■要素モデル名：KinematicWave 法を用いた洪水流解析モデル

■バージョン：1.0

【目次】

1. 要素モデル基本情報.....	2
2. 要素モデルの仕様適合チェック結果.....	5
3. 要素モデル仕様.....	6
4. 要素モデル機能説明（基本事項）	8
5. 要素モデル機能説明（詳細事項）	13
6. 要素モデル動作確認.....	14
7. 要素モデル妥当性検証	20

1. 要素モデル基本情報

(1) 開発履歴

年月日	要素モデルバージョン	内容
2015/07/31	Ver.1.0	初版開発

(2) 開発環境

No	項目		内容
1	モデル開発環境および動作環境	使用 OS およびバージョン	Windows7 Professional Service Pack1
2		.NET Framework のバージョン	.NET Framework 3.5
3		開発環境およびバージョン	Visual Studio 2010
4		CommonMP 本体のバージョン	Ver.1.4.0.1

(3) ウィルスチェック

No	項目		内容
1	ウィルスチェック	ウィルス対策ソフト名	Symantec Endpoint Protection
2		ウィルス定義(更新日時)	2015/07/29
3		チェック年月日	2015/07/30

(4) 要素モデルプログラム諸元

No	項目		内容
1	名前空間		jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiverModel
2	クラス名	Define Factory CalInfo Model	KinematicWaveRiverDefine KinematicWaveRiverModelFactory KinematicWaveRiverCalInfo KinematicWaveRiverModel
3	モデルファクトリ識別子(Lib)		jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiver_Factory
4	モデル種別(Kind)		jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiver_Model
5	モデルの基底クラス		McStateCalModelBase

(5) データ及び資料の有無

No	項目	内容	データ提供の有・無
1	要素モデル本体	要素モデル DLL	あり(必須)
2		要素モデルプロパティ(個別 GUI レイアウト)DLL	なし
3		要素モデルアイコンファイル	あり
4		その他	あり
5	ドキュメント	要素モデル	あり(必須)
6	プログラム	ソースコード	あり
7	サンプルデータ	サンプルデータ(テスト用データ)	あり

(6) 公開データのファイル名

No	項目	内容
1	要素モデル本体 DLL	jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiver.dll
2	要素モデルプロパティ(個別 GUI レイアウト)DLL	なし
3	要素モデルアイコンファイル	jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiver.ico
4	要素モデル解説書	jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiver.pdf
5	その他	jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiver.resources.dll
6	ソースコード	モデル本体プログラム名: jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiverModel.csproj KinematicWaveRiverDefine.cs KinematicWaveRiverFactory.cs KinematicWaveRiverCallInfo.cs KinematicWaveRiverModel.cs
7	サンプルデータ (テスト用データ)	jp.or.jccajsce.KinematicWaveRiver_portable.zip

(7) 要素モデルの利用許諾条件

No	項目	内容
1	独自に作成した利用許諾条件書の有無	あり 使用許諾条件書を本解説書の末に添付
2	準拠する利用許諾条件書 (ソフトウェアライセンス)	—
3	著作権者(社)	(公社)土木学会水工学委員会水理・水文ソフトの共通基盤に関する小委員会 (一社)建設コンサルタンツ協会技術部会技術委員会河川計画専門委員会
4	複製の許諾	ソースコード、実行体(DLL ファイル)、要素モデル解説書、サンプルデータの複製可
5	複製を許諾する時の条件	自由に複製しても構いません
6	改変の許諾	ソースコード、実行体(DLL ファイル)、要素モデル解説書、サンプルデータの改変可
7	改変を許諾する時の条件	自由に改変しても構いません
8	再配布の許諾	ソースコード、実行体(DLL ファイル)、要素モデル解説書、サンプルデータの再配布可
9	再配布の条件	当解説書(使用許諾条件書を含む)を必ず添付のこと 改変した場合は、改変したことを明示の上で再配布すること
10	謝辞、クレジットの記載に関する規定	本要素モデルを使用した成果を発表する際には、本要素モデルを使用したことの記載を求める
11	商用利用(業務への利用)の可否	可
12	商用利用の条件	—
13	商用配付の可否	—
14	商用配布の条件	—
15	問い合わせ先	—
16	特許情報(ある場合は番号記載)	なし
17	保証に関する免責事項	本要素モデルの動作に関し、本要素モデルの作者は責任を負うものではありません
18	損害に関する免責事項	本要素モデルのインストールおよび使用に関し、本要素モデルの使用者の直接的・間接的に発生する一切の損害に対し、本プログラムの作者は責任を負うものではありません
19	禁止事項	本プログラムの著作者および第三者の信用を毀損し、あるいは損害を及ぼす行為を行うこと 本プログラムを用いて、利用者が特許権など独占権を有すること

2. 要素モデルの仕様適合チェック結果

No	チェック項目		チェック結果
	項目	内容	
1	名前空間	名前空間は命名規則に準拠しているか	チェック済み
2	DLL 名	DLL 名は命名規則に準拠しているか	チェック済み
3	ファクトリ識別子	ファクトリ識別子は命名規則に準拠しているか	チェック済み
4	ライブラリ登録	DLL をフォルダに保存して、モデルがライブラリに登録可能か	チェック済み
5	モデル配置	CommonMP 上で要素モデルとして配置が可能か	チェック済み
6		モデルプロパティ設定項目は適切か、またプロパティ入力及び設定は可能か	チェック済み
7	データ受信	接続ライン下流側として別モデルと接続した場合に、データ受信項目が選択可能か	チェック済み
8	データ送信	接続ライン上流側として別モデルと接続した場合に、データ送信項目が選択可能か	チェック済み
9	データ	入出力するデータの単位系は、MKS 単位系に準拠しているか	チェック済み
10	送・受信	要素接続設定(伝送情報結線設定)画面に単位が明示されているか	チェック済み
11	ファイル	要素モデルの動作には、直接ファイル入力を必要とするか	入力しない
12	入力	(必要な場合)入力ファイルパス指定方法およびファイル仕様を記載する	—
13	ファイル	要素モデルは、ファイル出力を行うか	出力しない
14	出力	(出力する場合)出力ファイルパス指定方法および仕様を記載する	—
15	シミュレーション実行	入出力データおよび計算期間を設定してシミュレーション実行が可能か	チェック済み

3. 要素モデル仕様

(1) 要素モデル基本仕様

No	項目	内容
1	モデル名称(Name)	KinematicWave 法を用いた洪水流解析モデル
2	カテゴリー_Division (McModellibraryDefine)	CALCULATION_MODEL
	カテゴリー_Category (McModellibraryDefine)	CAL_RIVER_MODELS
3	要素モデルのバージョン	1.0
4	概要	上流端および横流入の流量を入力として、KinematicWave 法により流量、速度および水位を算出する。

【標準のモデルカテゴリーの一覧】

モデルカテゴリー (Division)		モデルカテゴリー (Category)	
演算要素	CALCULATION_MODEL	水文	CAL_HYDROLOGICAL_MODELS
		河川	CAL_RIVER_MODELS
		ダム／発電	CAL_DAM_MODELS
		用排水／地下水	CAL_WATERDUCT_MODELS
		海岸／港湾	CAL_COAST_MODELS
		水循環	CAL_WATERCIRCULATION_MODELS
		経済関連	CAL_ECONOMIC_MODELS
		その他	CAL_MODELS
		演算制御	CAL_CONTROL_MODEL
		サンプルモデル等	CAL_SAMPLE_MODELS
入力要素	INPUT_MODEL	CSVファイル入力	INPUT_CSV_FILE
		特定情報	INPUT_SPECIFIC_FILE
		サンプル等	INPUT_SAMPLE_MODELS
出力要素	OUTPUT_MODEL	CSVファイル出力	OUTPUT_CSV_FILE
		特定情報	OUTPUT_SPECIFIC_FILE
		画面表示	OUTPUT_SCREEN
		サンプル等	OUTPUT_SAMPLE_MODELS

(2) 要素モデル入出力仕様

No	項目		内容
1	プロパティ (CreateModelProperty)		<ul style="list-style-type: none"> ・タイムステップ $\Delta t(s)$ ・流下方向分割数 $N(-)$ ・河道長 $L(m)$ ・河幅 $B(m)$ ・河床勾配 $i(-)$ ・粗度係数 $n(-)$ ・横流入させる位置(上流からの分割 NO,0 スタート)
2	初期条件(状態量) (CreateModelInitialInfo)		初期条件は流量を必要とする。プロパティにおいて入力。 初期水位、初期流速は初期流量によって決定される。
3	送受信パターン (CreateModelProperty)	受信	伝送仕様:いずれも1次元時系列またはポイント時系列 ①第1パターン 上流端流量 変数名:QUANTITY_OF_WATER_FLOW 単位:流量(m^3/s) ②第2パターン 支流からの横流入 変数名:QUANTITY_OF_WATER_FLOW 単位:流量(m^3/s)
		送信	伝送仕様:①は1次元時系列またはポイント時系列 ②は1次元時系列のみ ①第1パターン 下流端出力 (0)変数名:QUANTITY_OF_WATER_FLOW 単位:流量(m^3/s) (1)変数名:WATER_LEVEL 単位:水位(m) (2)変数名:SCALOR_VELOCITY 単位:流速(m/s) ②第2パターン 河道分割全体出力 (0)変数名:QUANTITY_OF_WATER_FLOW 単位:流量(m^3/s) (1)変数名:WATER_LEVEL 単位:水位(m) (2)変数名:SCALOR_VELOCITY 単位:流速(m/s)
4	コネクションチェック (ConnectionCheck)	受信	以下以外の伝送仕様に対して、接続エラーを出力する ・1次元時系列およびポイント時系列
		送信	以下以外の伝送仕様に対して、接続エラーを出力する ・①は1次元時系列およびポイント時系列、②は1次元時系列

4. 要素モデル機能説明（基本事項）

(1) 機能概要

本要素モデルは、以下の機能を満足するものとする。

- ・ 入力された一次元時系列またはポイント時系列データ（流量データ時系列）を入力として、河道分割毎、あるいは下流端の流量・水位・流速を Kinematic_Wave 法にて算出する。
- ・ 入力となる流量データの単位は（ m^3/s ）である。
- ・ 出力は、一次元時系列またはポイント時系列（流出量時系列）データであり、流量、水位、流速のいずれかを出力する。

以下に、要素モデル接続概念図および要素モデル機能概念図を示す。

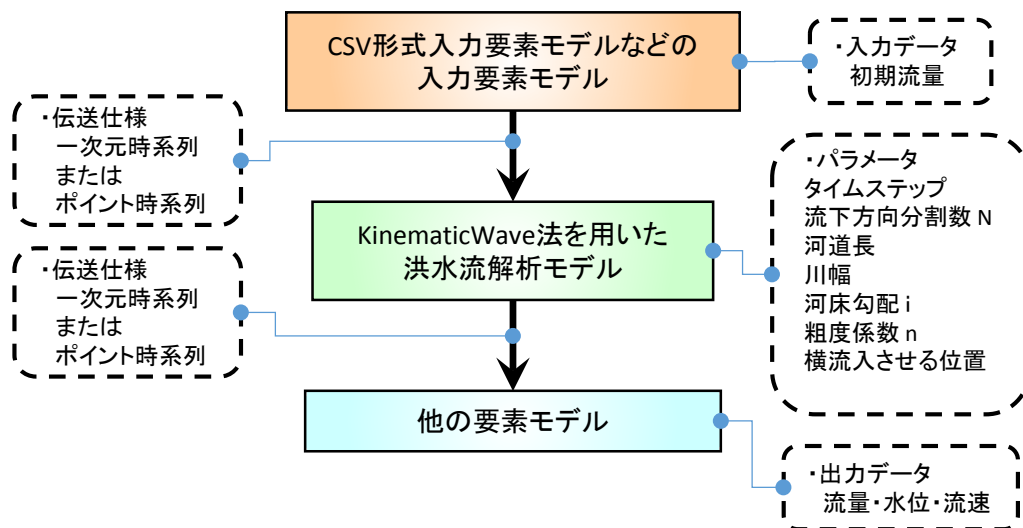


図 1 要素モデル接続概念図

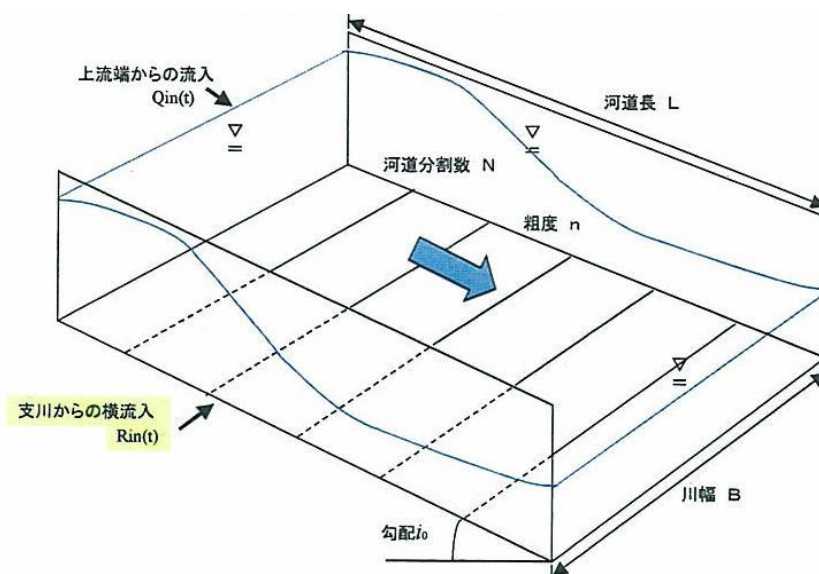


図 2 要素モデル機能概念図

(2) 基礎式

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (\text{連続式}) \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial vQ}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} - gAi_0 + \frac{s\tau_b}{\rho} = 0 \quad (\text{運動方程式}) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{①} \\ \text{②} \end{array}$$

x : 流下方向座標[m]

t : 時間[s]

A : 断面積[m²]

Q : 流量[m³/s]

v : 流速[m/s]

z_s : 水位[m]

s : 潤辺[m]

τ_b : 底面せん断応力[g/m・g²]

ρ : 密度[g/m³]

g : 重力加速度[m/s²]

i_0 : 水路勾配 [無次元]

(3) 解法

ここで、広幅長方形断面水路については、

$$A = Bh, \quad Q = Bq, \quad s \approx B$$

と出来るので、②式の両辺を B で除す (B : 水路幅[m]、 h : 水深[m]、 q : 単位幅流量[m²/s])。また、Kinematic Wave モデルでは、運動方程式における慣性項と水深変化の影響を無視できるので、②式は以下のように近似できる。

$$-ghi_0 + \frac{\tau_b}{\rho} = 0 \quad \text{③}$$

底面摩擦には Manning 則 (n : 粗度係数)

$$\frac{\tau_b}{\rho} = ghI_f = \frac{gn^2v^2}{h^{1/3}}$$

を用いると、③式は

$$-ghi_0 + \frac{gn^2q^2}{h^{7/3}} = 0$$

となる。これより

$$q = \frac{1}{n} h^{5/3} i_0^{1/2} \quad \text{④}$$

これを①式 $\Leftrightarrow \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0$ に代入すると、

$$\frac{\partial h}{\partial t} + V \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

ただし、 $V = \frac{5}{3} v = \frac{5}{3} \frac{1}{n} h^{5/3} i_0^{1/2}$ である。

式⑤を離散化する。ここでは、 x 方向、 t 方向の刻み幅をそれぞれ、

$$\Delta x = \frac{L}{N}, \quad \Delta t = \frac{T}{M}$$

として、

$$x_0 = 0, \quad x_1 = \Delta x, \quad x_2 = 2\Delta x, \dots$$

$$t_0 = 0, \quad t_1 = \Delta t, \quad t_2 = 2\Delta t, \dots$$

の各点における水深と単位幅流量を求めることにする。簡単のため、 $x = x_i$ $t = t_j$ にお

ける量 Y の値を Y_i^j と書くことにする。上流端流量 $Q(t)$ が与えられたとき、

$$t=0 \text{ において、 } h_i^0 = \left[\frac{n^2 q(0)^2}{i_0} \right]^{3/10}$$

が初期水位条件である。

⑤式左辺第 1 項の時間微分については前進差分を用いる。

$$\left. \frac{\partial h}{\partial t} \right|_i^j = \frac{h_i^{j+1} - h_i^j}{\Delta t}$$

⑤式左辺第 2 項の移流項の差分には、ここでは 1 次の上流差分を用いて

$$F_{vi}^j \equiv V \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_i^j = V_i^j \frac{h_i^j - h_{i-1}^j}{\Delta x} \quad (i=1, 2, \dots, N)$$

これより、時刻 $j+1$ での水深は

$$h_i^{j+1} = h_i^j - F_{vi}^j \cdot \Delta t \quad (6)$$

h_i^{j+1} : 地点 i での時刻 t_{j+1} における水深

で求めることが出来る。また、単位流量幅はこの水深を用いて、④式より求めることが出来る。また、⑥式では $i=0$ の時の水深は求められないので、④式を用いて、

$$h_0^{j+1} = \left[\frac{n^2 q(t_{j+1})^2}{i_0} \right]^{3/10}$$

となるので、これを用いて各時刻での上流端の水深を計算する。

(4) 要素モデル変数一覧

No	変数名	内容	備考
1	m_lCelNumber	流下方向分割数	
2	m_dRough	粗度係数	
3	m_dSlope	河床勾配	
4	m_dLength	河道長 (m)	
5	m_dWidth	河幅(m)	
6	m_inLQ	横流入させる位置(上流からの分割No.)	
7	m_dCellLength	河道分割セル長(m)	
8	m_dQ	流量 (m^3/s)	
9	m_dH	水位(m)	
10	m_dV	流速 (m/s)	

(5) 個別 GUI レイアウト

GUI レイアウト図なし

(6) 初期条件 (状態量)

- ・ 初期条件は流量を必要とし、プロパティにおいて入力する。初期流量は流量縦断として全断面に一律で与えられる。
- ・ 初期水位、初期流速は初期流量による等流計算で決定される。

(7) 境界条件

特になし。

(8) プログラム上の特記事項および動作上必要なライブラリ

特になし。

(9) 入出力データ

1) 入力データ

① 第 1 パターン 上流端流量

- ・ 伝送仕様：1 次元時系列またはポイント時系列
- ・ 変数名：QUANTITY_OF_WATER_FLOW (m^3/s)
- ・ 流量データを入力する。

時間	0
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	流量
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	:
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	:
:	:
:	:

図 3 入力データイメージ

② 第 2 パターン 支流からの横流入

- ・ 伝送仕様：1 次元時系列またはポイント時系列
 - ・ 変数名：QUANTITY_OF_WATER_FLOW (m^3/s)
 - ・ 流量データを入力する。
- (入力データイメージは上記図 3 と同様)

2) 出力データ

① 第 1 パターン 下流端出力

- ・ 伝送仕様：1 次元時系列またはポイント時系列
- ・ 変数名：流量 QUANTITY_OF_WATER_FLOW(m^3/s)
水位 WATER_LEVEL(m)
流速 SCALOR_VELOCITY(m/s)
- ・ 流量データが出力される。

時間	0
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	流量
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	:
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	:
:	:
:	:

図 4 伝送データイメージ

②第 2 パターン 河道分割全体出力

- ・ 伝送仕様：1 次元時系列
- ・ 変数名：流量 QUANTITY_OF_WATER_FLOW(m^3/s)
水位 WATER_LEVEL(m)
流速 SCALOR_VELOCITY(m/s)

- ・ 1次元時系列の流出量、水位、流速データがそれぞれ流域分割数（n 回）だけ、複数回分出力される。

時間	0	1	...	n
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	流量	流量		流量
yyyy/MM/dd HH:mm:ss	:	:		:
上流モデルの流量、水	:	:		:
	:	:		:
	:	:		:

図 5 伝送データイメージ

5. 要素モデル機能説明（詳細事項）

本項目の記入の有無 なし

前述の基礎式および解法に示した通りであるので、ここでは省略する。

6. 要素モデル動作確認

(1) サンプルデータによる動作確認結果

以下のサンプルデータによるテスト計算を実施した。

- ・ INPUT データ (Input_Q.csv)
- ・ OUTPUT データ (Output.csv)

1) モデル接続方法

a) 要素配置

要素の配置を行い、下図に示す要素モデルを設定する。

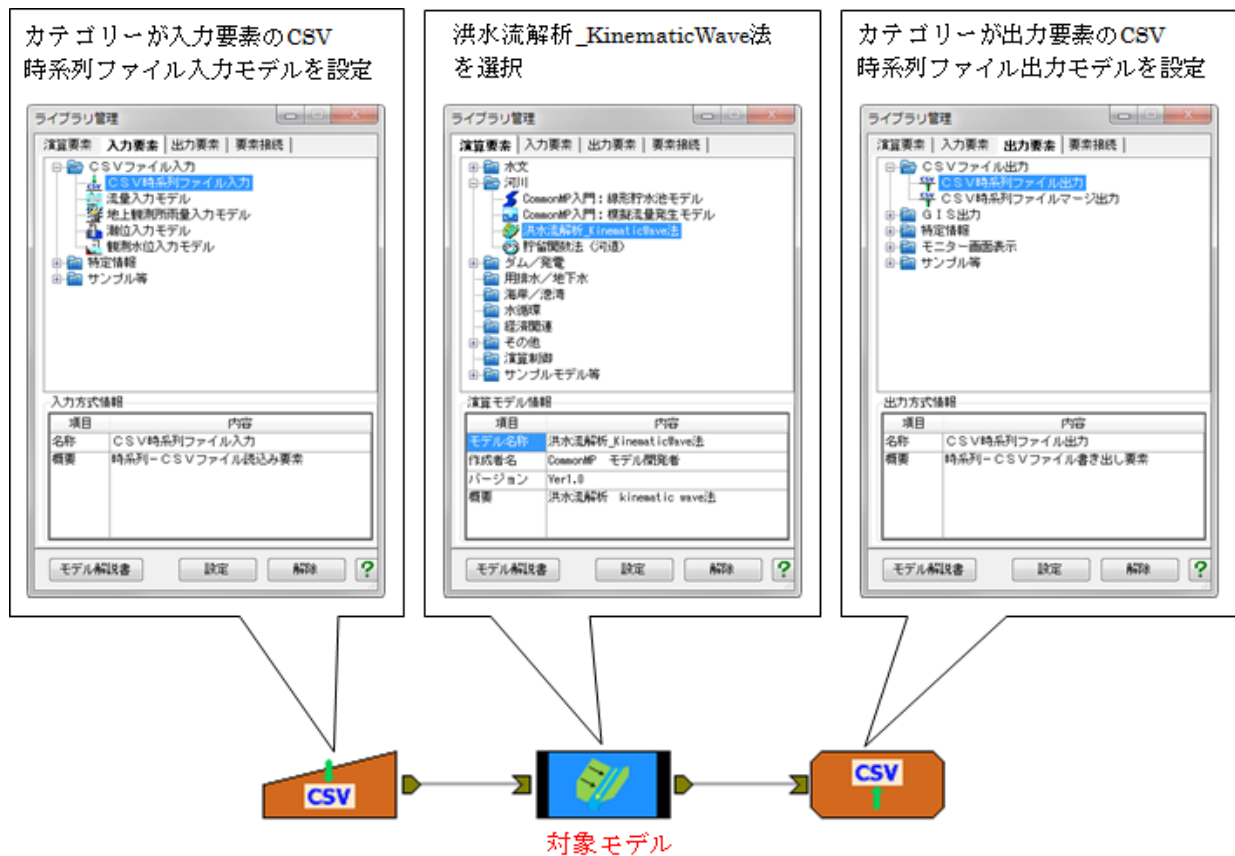


図 6 モデル接続

b) 要素接続

要素接続は、以下の通り設定する。

【受信側】

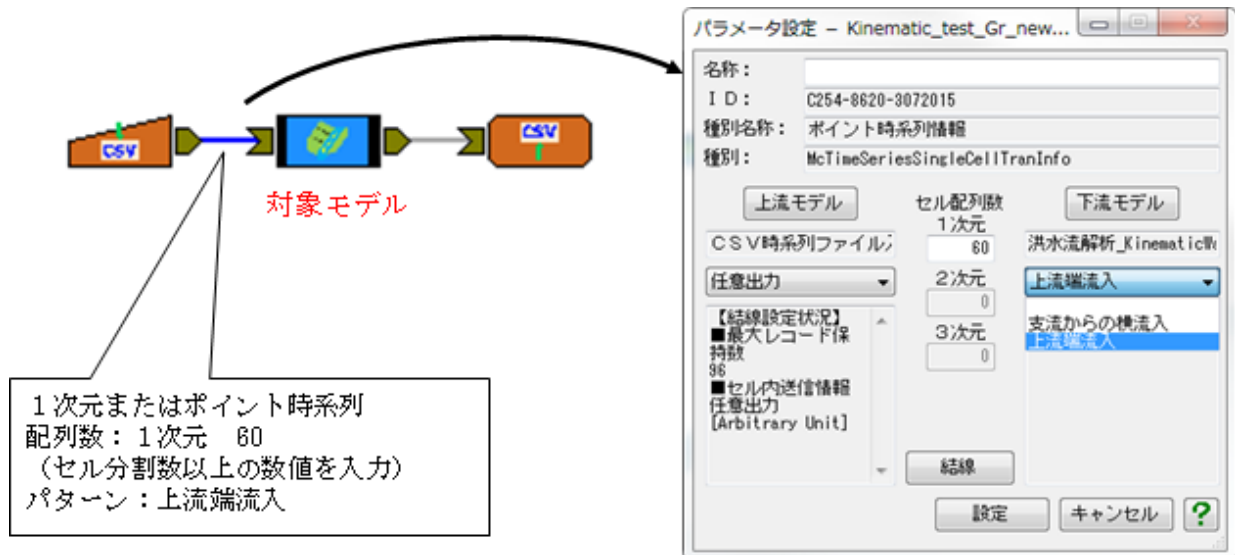


図 7 要素接続（受信側）

【送信側】

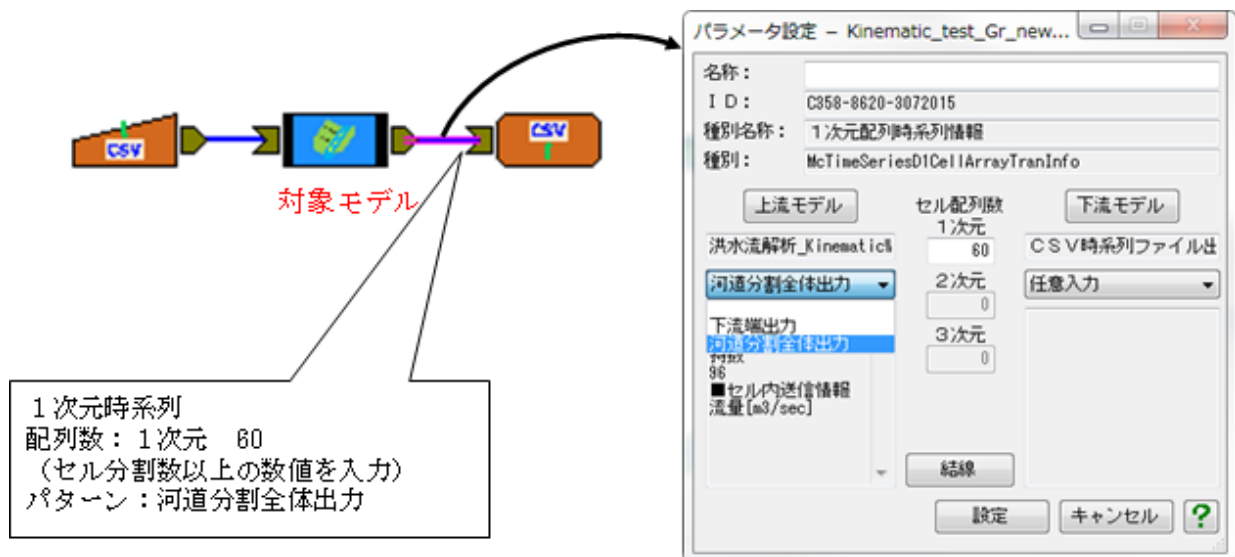


図 8 要素接続（送信側）

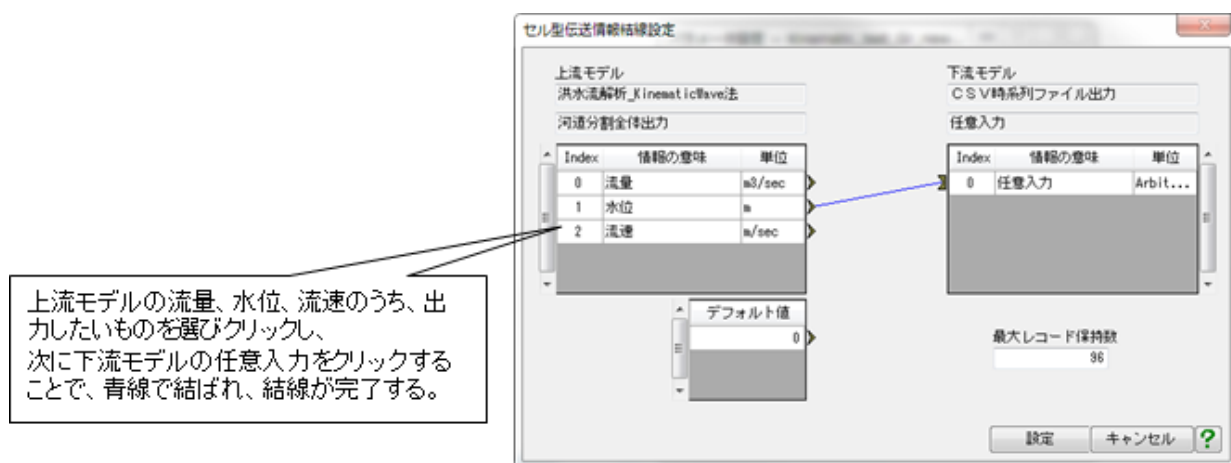


図 9 結線の設定方法（送信側）

2) パラメータ設定画面

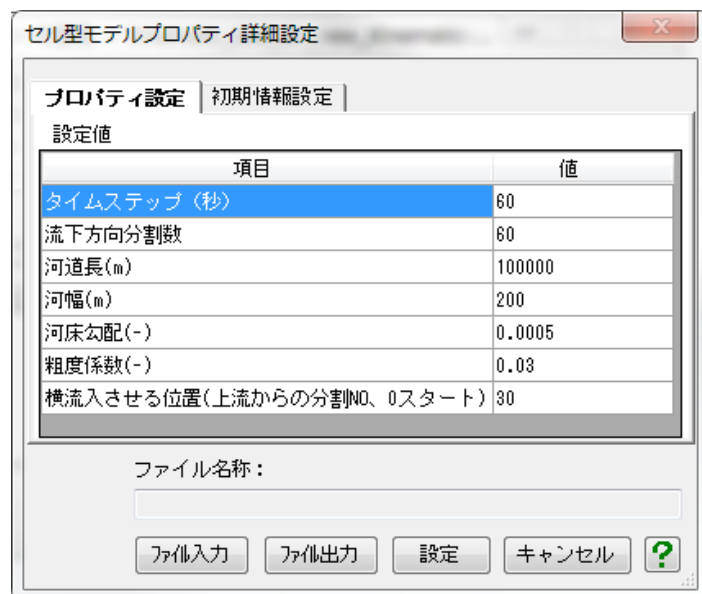
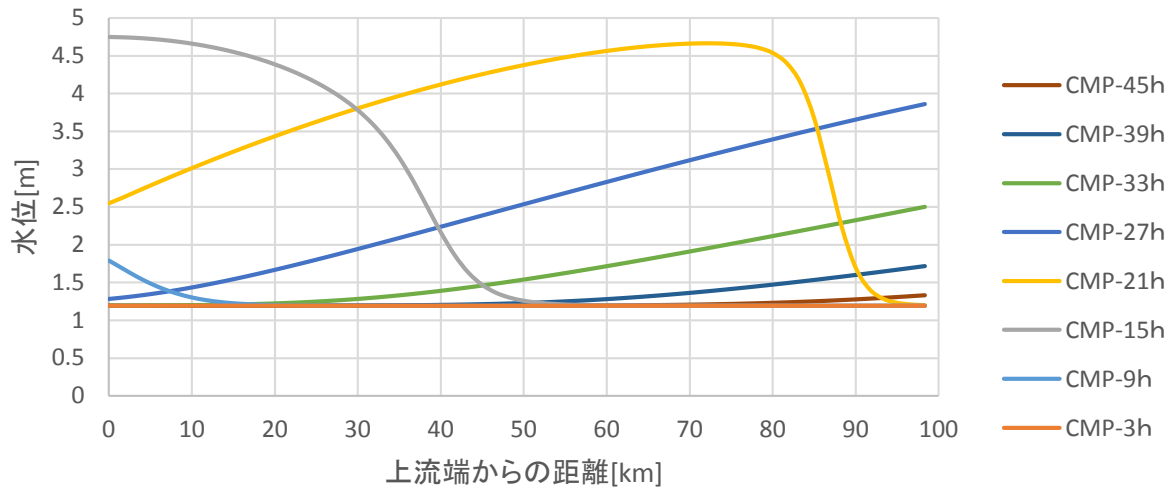


図 10 パラメータ設定値

初期設定は上記画面で初期情報設定タブをクリックして設定できる。

3) 要素モデルの動作確認

上記により算出した計算結果は以下の通りである。



*凡例の CMP-○h は、○時間後の水位縦断分布を示す。

図 11 本モデルの計算結果（水位縦断）

(2) 要素モデル演算結果の確認

動作確認は、「水理公式集例題プログラム集（平成13年版、（社）土木学会）、例題2-2」（以後例題プログラム集と記述する）と同様の条件により計算を実施し、例題プログラム集の結果と本モデルの結果を比較した。なお、使用する各データは、(1)で使用したサンプルデータと同じものである。

計算条件は、以下のとおり例題プログラム集と同様とした。

- ・初期条件：流量 $200 \text{ m}^3/\text{s}$
- ・上流端流量：以下のハイドログラフを入力ファイル（Input.csv）として入力

$$Q(t) = Q_b + (Q_p - Q_b) \left\{ \frac{t}{t_p} \exp \left[1 - \frac{t}{t_p} \right] \right\}^C$$

（ $Q_b = 200 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_p = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$, $t_p = 15 \text{ 時間}$, $C = 20$ とする）。

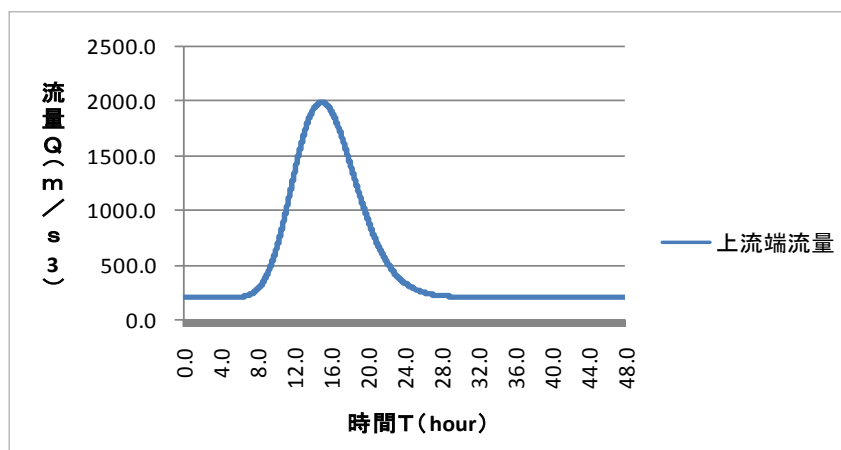


図 12 上流端のハイドログラフ

【要素モデルに設定したパラメータ】

前述のサンプルデータによる動作確認と同様の条件として、右図のとおりモデルパラメータを設定した。

- ・タイムステップ=60s
- ・流下方向分割数 N=60
- ・河道長=100000m
- ・河幅=200m
- ・河床勾配 $i=0.0005$
- ・粗度係数 $n=0.03$
- ・横流入させる位置=30（今回は横流入量を与えていないので、影響はなし）

項目	値
タイムステップ (秒)	60
流下方向分割数	60
河道長 (m)	100000
河幅 (m)	200
河床勾配 (-)	0.0005
粗度係数 (-)	0.03
横流入させる位置 (上流からの分割NO, 0スタート)	30

【計算結果】

本モデルの計算結果と例題プログラム集の計算結果の比較は以下の通りである。実線が例題プログラムによる計算結果、黒丸が今回の洪水流解析 Kinematic_Wave 法による計算結果を示しており、ほぼ一致する。

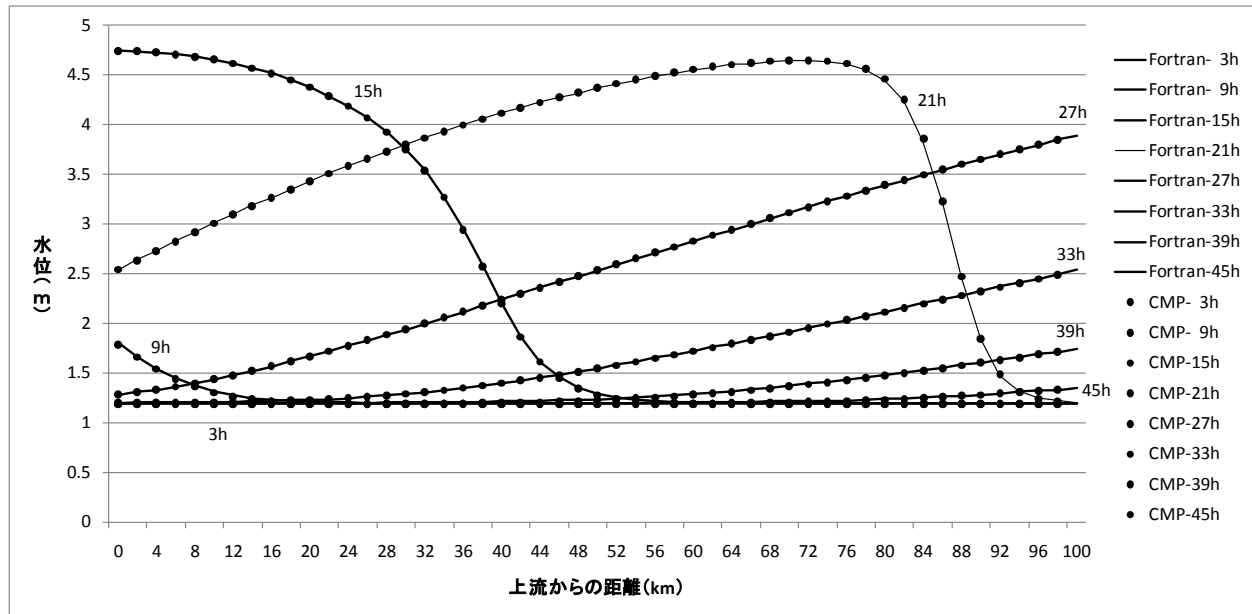


図 13 要素モデルの計算結果及び比較図

(3) サンプルプロジェクト、サンプルデータの利用条件

<免責事項>

利用者は、本プロジェクト及びデータを利用して得られた結果によって生じる全ての結果に対し責任を負うものとし、著作者はこれにより生じる一切の責任を負うものではありません。

<複製、改変、再配布>

利用者は、本プロジェクト及びデータを自由に複製、改変、再配布しても構いません。

<結果の公表>

利用者は、本プロジェクト及びデータから得られた結果を公表する際には、本プロジェクト及びデータを使用したことを明記すること。

<問い合わせ>

本プロジェクト及びデータに関する問い合わせは一切受け付けません。

以上

7. 要素モデル妥当性検証

本項目の記入の有無 なし

要素モデル利用許諾条件書

【要素モデル名】 洪水流解析_KinematicWave 法

【 バージョン 】 Ver.1.0

【 開発環境 】 Visual Studio 2010

【 製作著作 】 (公社)土木学会水工学委員会水理・水文ソフトの共通基盤に関する小委員会
(一社)建設コンサルタンツ協会技術部会技術委員会河川計画専門委員会

【 連絡先 】 -

◆ 免責

本プログラムのインストールおよび使用に関し、本プログラムの使用者の直接的・間接的に発生する一切の損害に対し、本プログラムの作者は責任を負うものではありません。

本プログラムの動作に関し、本要素モデルの作者は責任を負うものではありません。

◆ 禁止事項

本プログラムの著作者および第三者の信用を毀損し、あるいは損害を及ぼす行為を行うことを禁止します。
また、本プログラムを用いて、利用者が特許権など独占権を有することを禁止します。

◆ 著作権

著作権は(公社)土木学会水工学委員会水理・水文ソフトの共通基盤に関する小委員会、および(一社)建設コンサルタンツ協会技術部会技術委員会河川計画専門委員会に帰属します。

◆ 複製・改変

ソースコード、実行体(DLL ファイル)、要素モデル解説書、サンプルデータを自由に複製・改変しても構いません。

◆ サポート

改変の有無にかかわらず、サポートはいたしません。

◆ 配布・転載・掲載

ソースコード、実行体(DLL ファイル)、要素モデル解説書、サンプルデータの再配布、改変・追加に関し、制限はございません。但し、改変した場合は、改変したことを明示の上で再配布して下さい。

本プログラムを使用した成果を発表する際には、本要素モデルを使用したことの記載をお願いします。

本プログラムを販売することはできません。

◆ 特許情報

なし