
CommonMP Ver1.3
収束演算機能を用いたシミュレーション・プロジェクトの利用手順書
目 次

1. 概要	1-1
1.1 目的	1-1
2. 収束演算実現方法の検討	2-1
2.1 収束演算機能の実現方針	2-1
2.1.1 収束演算を実施しない解析の例	2-1
2.1.2 収束演算を実施する場合の実現方針	2-2
2.2 収束演算機能の検討	2-4
2.2.1 CommonMP プロジェクト内における収束演算の処理方法	2-4
2.2.2 要素モデルに求められる機能	2-5
2.2.3 収束計算時の演算モデル間のデータの流れ	2-6
2.2.4 収束演算機能の整理	2-9
2.2.5 収束判定ロジック	2-10
2.3 CommonMP で提供する要素モデル	2-12
3. 利用フロー	3-1
3.1 利用フロー	3-1
3.2 収束演算モデルの構築	3-2
3.2.1 収束演算 Gr 演算要素の配置	3-2
3.2.2 収束演算 Gr 内部の要素モデルの配置	3-4
3.2.3 収束演算グループ外部と内部の要素モデルとの接続	3-9
3.3 収束演算モデルの計算実行	3-11

1. 概要

1.1 目的

本マニュアルは、収束演算機能を用いたシミュレーション・プロジェクトの利用手順を記載することを目的とします。

2. 収束演算実現方法の検討

2.1 収束演算機能の実現方針

収束演算機能は、要素モデル同士を接続要素により接続し、要素モデル間の収束演算を実行できる機能である。

2.1.1 収束演算を実施しない解析の例

収束演算を実施しない場合、要素モデル間でやりとりできる情報は、「1 ステップ前の計算結果（時刻 $t-1$ ）」であり、この 1 ステップ前の値を接続先のモデルに伝送して、各モデルが「現時刻の計算（時刻 t ）」を計算する手法は動作可能である。

河道追跡計算を例にとって収束演算を行わない接続の例を以下に示す。

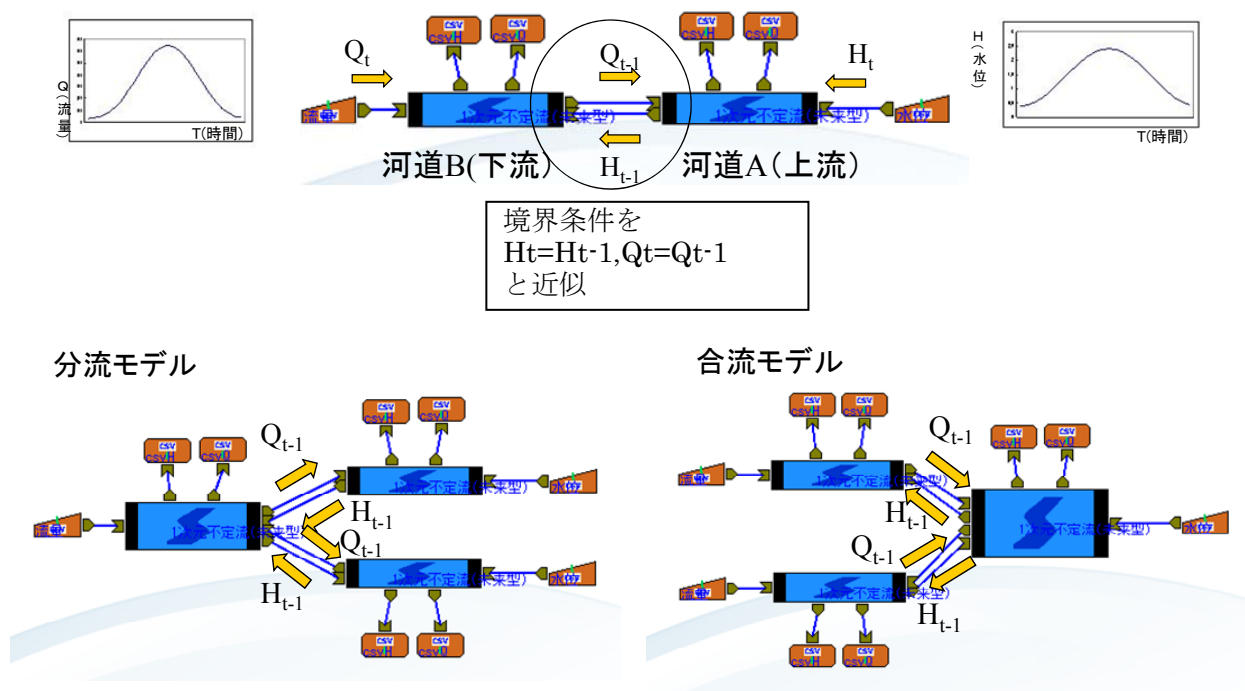


図 2-1 収束演算をしない場合の計算モデル例（河道分流計算の例）

このような収束演算を実施しない河道計算の例では、以下のような問題がある。

- 未来予測型を使用したループ接続モデルを作成することが必要である。そのため、現状型と混在するモデルを構築することができない。
- 境界部では一時刻前の情報をやりとりしているため、ある時刻における境界部の流量、水位が不整合となる。（境界条件を $H_t=H_{t-1}$, $Q_t=Q_{t-1}$ と近似している）
- タイムステップ（ ΔT ）が大きい場合など条件により河道計算が発散など不安定となる。

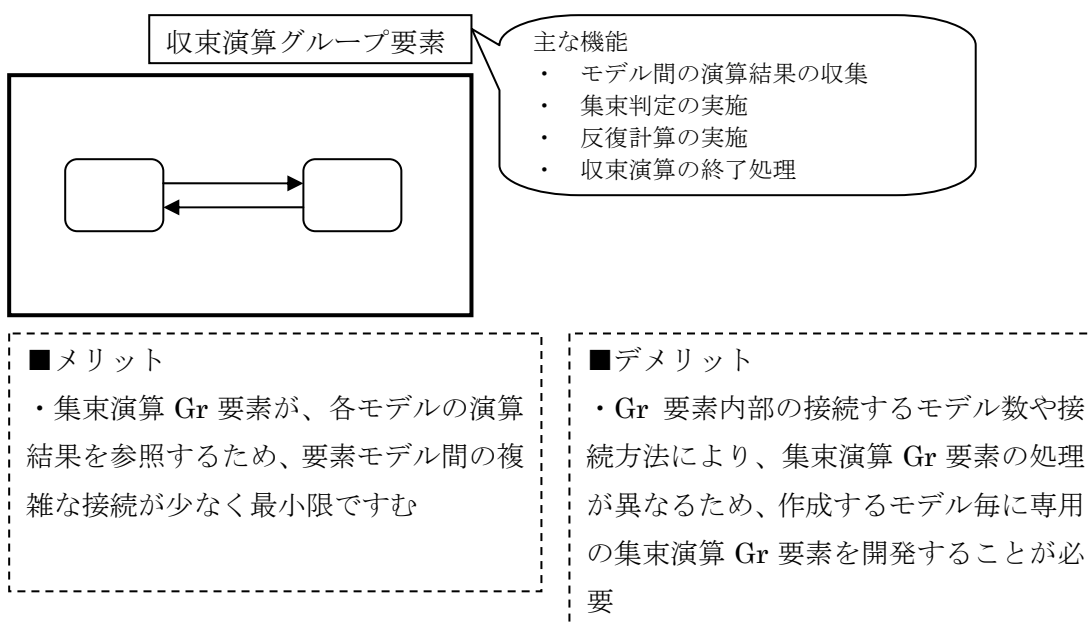
2.1.2 収束演算を実施する場合の実現方針

上述の問題を解決するためには、モデル間の演算結果の収束計算が必要となる。収束演算は、解を得るために反復して計算を実施するため、通常の CommonMP における演算実施方法 (Calculate) と異なる制御が必要となる。そのため、現状の CommonMP に準備されている収束演算グループ要素 (型紙) を使用することとする。

ここで、収束演算を実施する場合は、「各モデルの演算結果による収束判定」「収束するまでの反復計算の実施」が必要であり、これらを制御する機構を CommonMP 上に実現することが必要である。集束演算を CommonMP 上で実施する基本的な考え方として、以下の2つの方法がある。

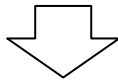
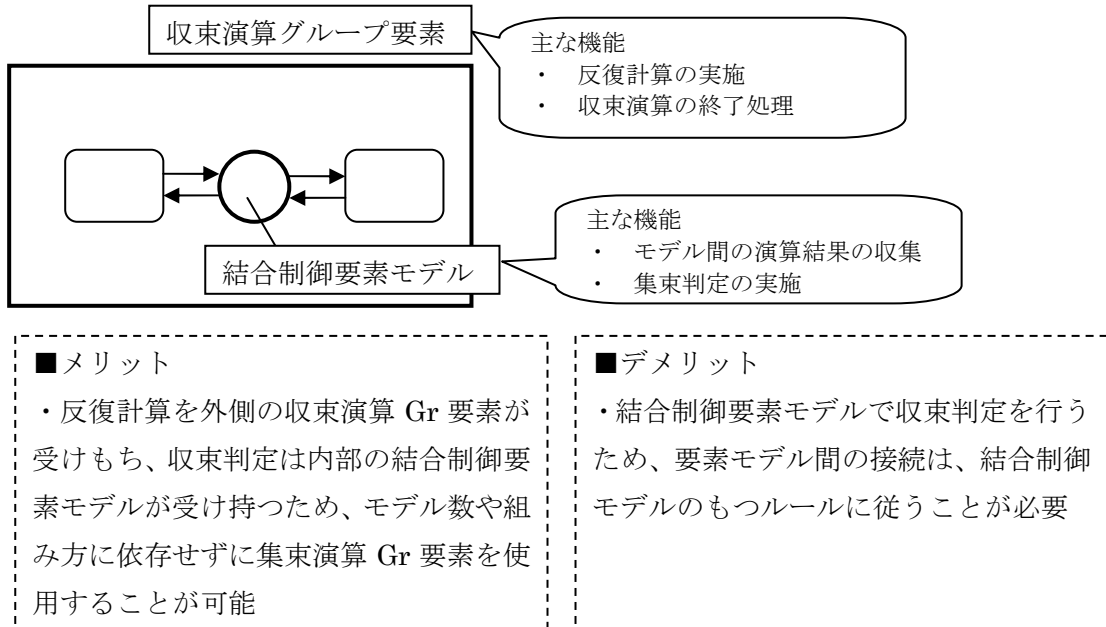
(1) 収束演算グループ単独で実現する方法

各モデルの演算結果による収束判定及び反復計算の実施の両者を、収束演算グループで実施する方法



(2) 収束演算グループ及び結合制御要素により役割を分離して実現する方法

収束判定と反復計算の実施とを機能を分離して、収束演算グループでは反復計算を実施し、各モデルの演算結果の収集や収束判定は結合制御要素モデルで実施する方法



ここでは、CommonMP 上での利用の汎用性を確保することを優先することとし、特に河道計算で使用頻度の高い河道の接続パターン「分派・合流」モデルをともに実現できる仕組みとする。そのため、上述の「収束演算グループ及び結合制御要素により役割を分離して実現する方法」を採用する。

これより、本業務における収束演算機能は以下の方針により実現することとした。

方針 1

汎用性に考慮し、接続するモデルに依存しないで実行する収束演算繰り返し部と、接続モデル間のデータを用いて収束判定を行う収束ロジック部を分離し、次の二つの機能を持たせる。

- ①収束演算グループ要素：収束演算の繰り返し部（ループ部）
- ②結合制御要素モデル：収束ロジック部（仮値生成や収束判定条件など）

方針 2

河道計算の分合流接続モデルを計算出来る仕組みとするとともに、河道モデル以外でも水位・流量をやりとりするモデル（例：越流や堰モデルなど）であればモデルの入れ替えが可能な仕組みとする

2.2 収束演算機能の検討

2.2.1 CommonMP プロジェクト内における収束演算の処理方法

ここでは、収束演算について、一般的な河道接続における収束演算を例として、各モデルの役割を整理する。上述のように収束演算機能は、以下の通りに役割を分離して、実現する。

① 結合制御要素モデル：

河道計算の収束演算のための仮値の伝達及び収束の判断を行うためのモデル。例えば分流入、合流モデル構造の場合、モデル間の中央に収束制御モデルを配置することになる。反復計算を実行する部分以外の収束演算に必要な処理を実行するためのモデルとする。

② 収束演算グループ要素：

仮値の設定及び収束の判定を制御するためのモデル。このモデルから「①収束演算制御モデルへ仮値の設定情報を伝送」、「グループ内の演算の実行」「①収束演算制御モデルから収束判断の結果の受信」を行い、反復演算処理を制御するモデル。

また、反復計算を行うために必要な状態変量 (CalInfo) の保存及び反復時の状態変量の初期化 (保存した状態量への置き換え) などもここで実施する。

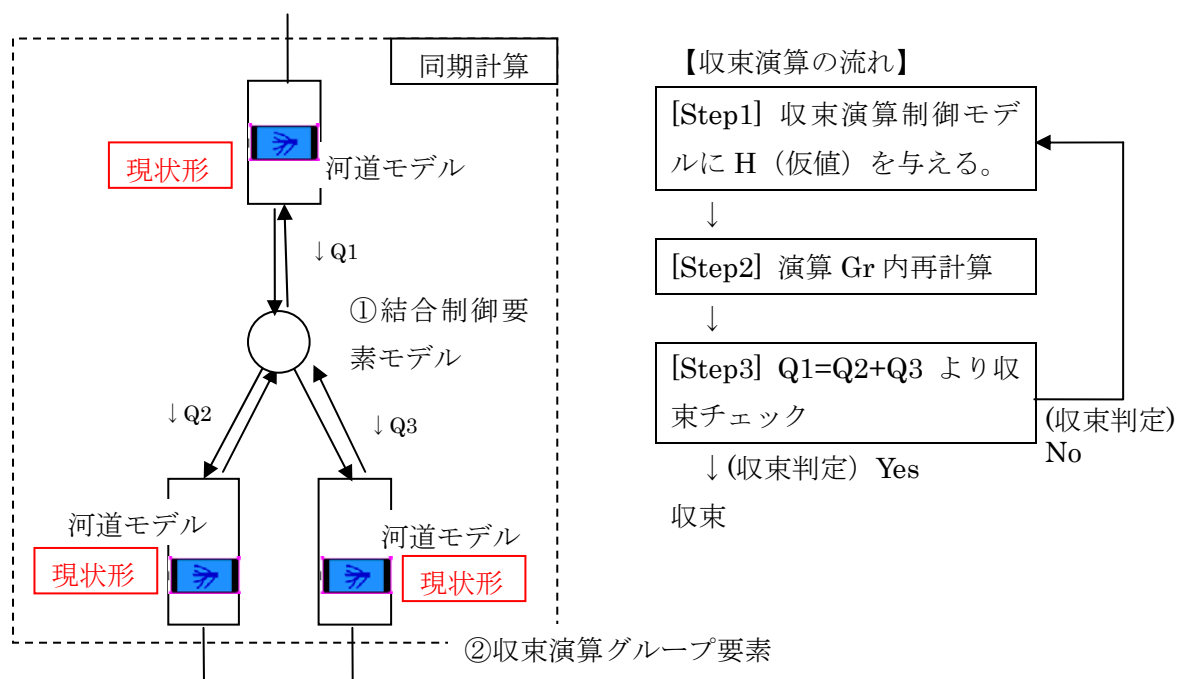


図 2-2 収束演算の動作のイメージ (河道分流入計算の例)

2.2.2 要素モデルに求められる機能

収束演算グループ要素内部における演算要素モデルは、各計算ステップ毎にその時刻において収束したかどうかの判定をモデル相互間で行いながら計算を進めるため、「時刻 t におけるデータの取得 (Calculate) を実施して、時刻 t における計算結果を出力 (DataFusion) できること」、および「モデル相互間で双方向のやりとりができること」が必要となる。

したがって、要素モデルに求められる機能の概念としては、現状の CommonMP の要素モデルでは、「現在型」を使用するものとする。

■収束演算に必要となる要件

- ▶ 時刻 t のデータを受け取って、時刻 t の計算結果を返すこと
- ▶ 時刻 t の出力を相互に使用した“ループ計算”が実施できること

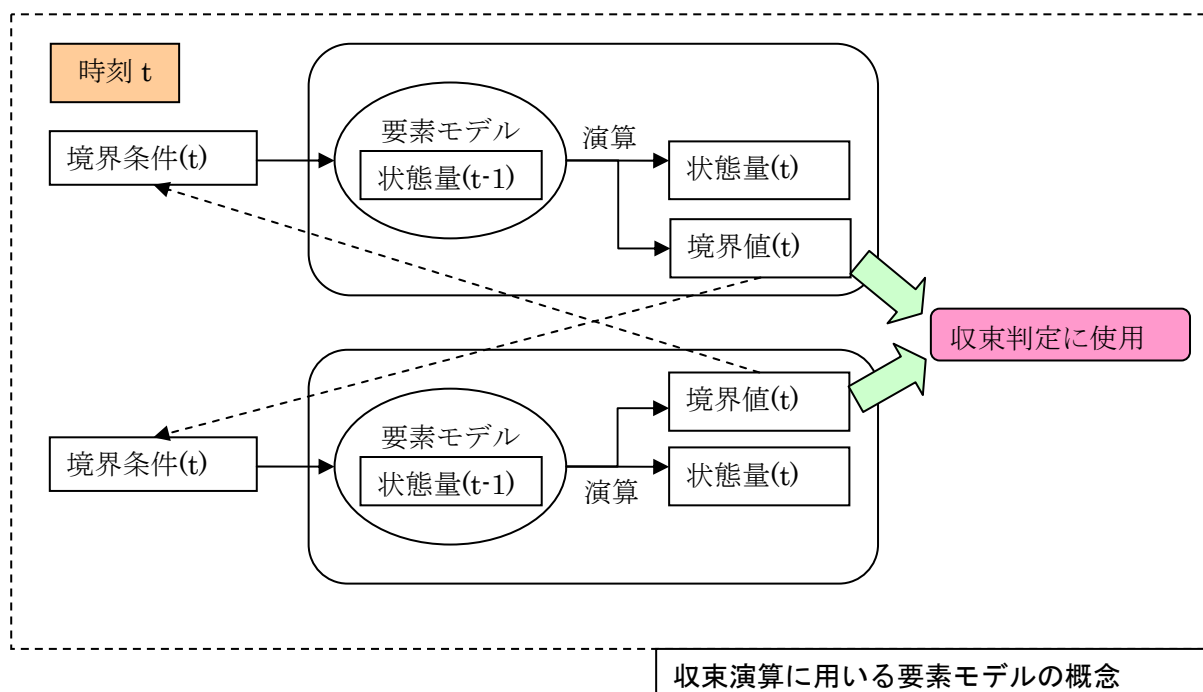


図 2-3 CommonMP 改良による収束演算のための要素モデルの演算処理の概念

またその他、以下の点も必要となる。

- ・ 収束演算グループ要素の外部との接続時には、収束演算グループ内の反復計算が終わるまで計算途中データをグループ外部に伝送せず、収束が完了した時点でグループ外部に伝送出来るよう、適切に時間の管理を行える仕組みがあること。
- ・ 複数の内部の要素モデルが外部の複数の要素モデルと接続可能なこと。

2.2.3 収束計算時の演算モデル間のデータの流れ

本業務で構築する収束演算時に実行される演算モデル（収束演算グループ要素の内部に構築するモデル）は、収束計算時に以下のようなデータのやりとりを実施して各モデルの演算を実行する。

以下の図は、集束演算グループ要素の内部の河道モデルを直列に接続した収束演算モデルの例である。この場合は、集束演算を実施するためには、以下の順番によりデータを送受信することが必要である。

- ① 水位仮値データを各モデルに渡す
- ② 各河道モデルの演算の実行
- ③ 計算結果流量データを結合制御要素モデルに渡す

すなわち、ある時刻 t において集束演算を行う場合には、まず、最初に結合制御要素モデルから時刻 t の水位（仮値）データを伝送し、その後に河道モデルが時刻 t の演算を実施する。そして、その結果の時刻 t の計算流量を結合制御要素モデルに送信して、最終的に結合制御要素モデルが収束判定を行うといった一連の流れが必要となる。

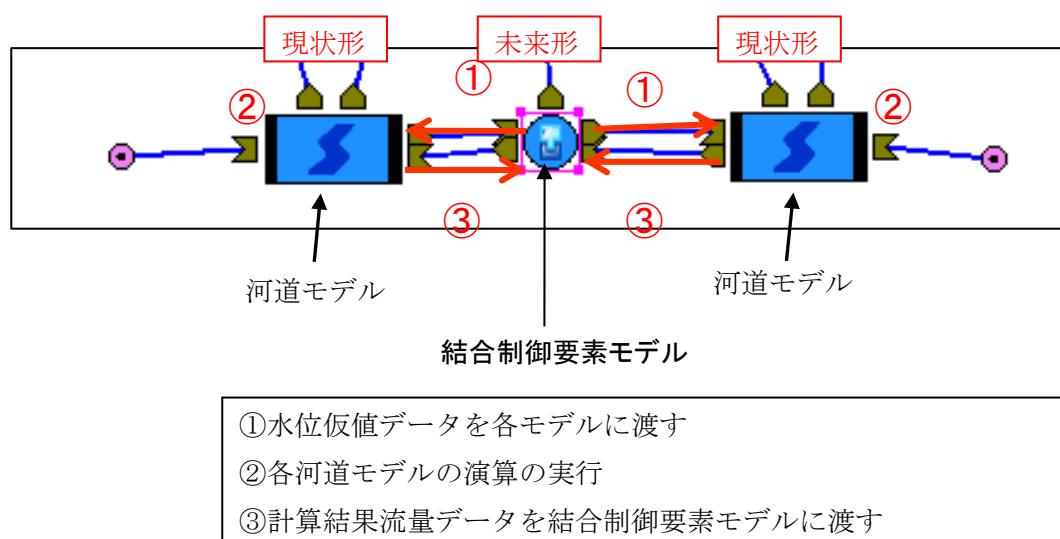


図 2-4 収束演算時の構築モデルの動作イメージ（河道直列計算の例）

以上より、収束演算を実施するため、構築する収束演算のための各種モデル（河道モデル等）は、以下の考え方によりモデルを作成した。なお、収束演算を実施する場合には、収束演算の基本的な考え方から **ΔT は全てのモデルで等しいモデル**とすることが必要となる。

a) 結合制御要素モデルは「未来型」モデルとする。

- ・ 未来型モデルでは、時刻 t の最初にデータ伝送するメソッド(DataFusion)が呼び出されるため、このタイミングで①の時刻 t の水位データを送信する。
- ・ その後に演算のためのメソッド(Calculate)が呼び出されるため、このタイミングで各モデルの時刻 t の計算結果を受信して収束判定を実施する。
(なお、「未来型」モデルの場合本来の Calculate は時刻 t のデータを受信して、時刻 $t+1$ の演算の実施を想定しているが、ここでは時刻 t のデータを受信して時刻 t の収束状況を判定させる。)

b) 河道演算モデルは「現状型」モデルとする。

- ・ 現状型モデルでは、時刻 t の最初に演算のためのメソッド (Calculate) が呼び出される。この時に、接続されている伝送ラインから時刻 t の水位データを受信し、時刻 t の流量を演算する。
- ・ その後にデータ伝送するメソッド(DataFusion)が呼び出されるため、時刻 t の演算結果の流量データを送信する。

【参考資料】

(A) 未来型要素モデルと現状型要素モデル

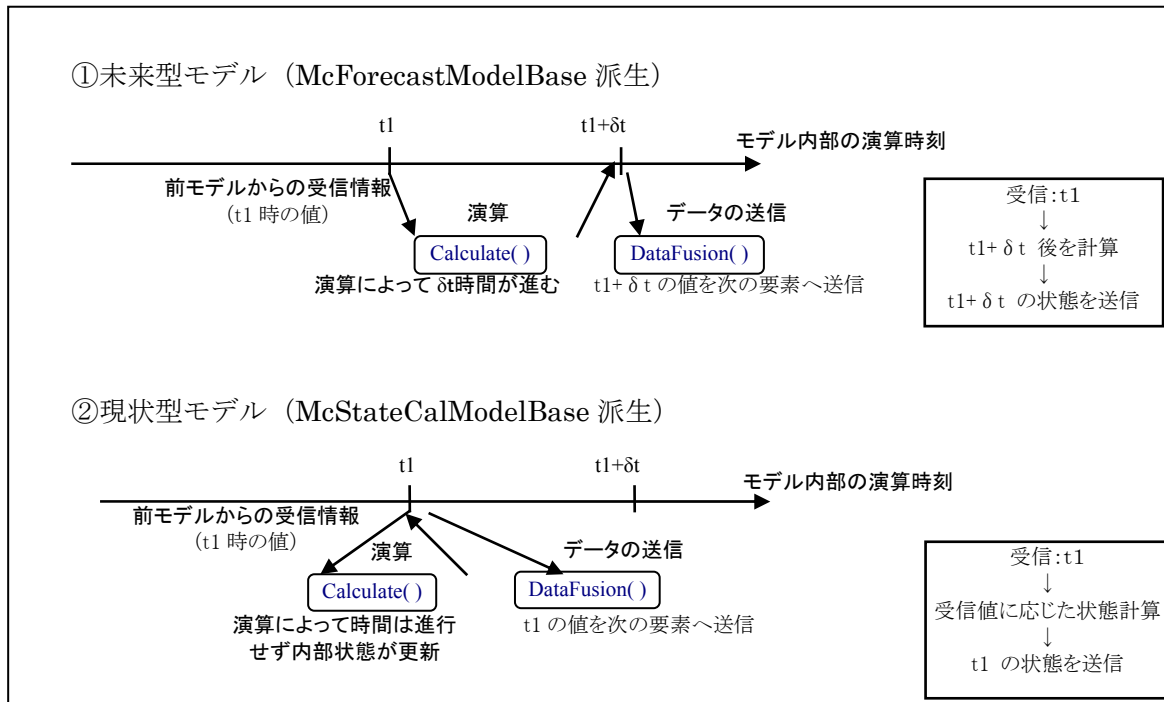


図 2-5 未来型と現状型要素モデルの概念

(B) 非同期と同期演算制御

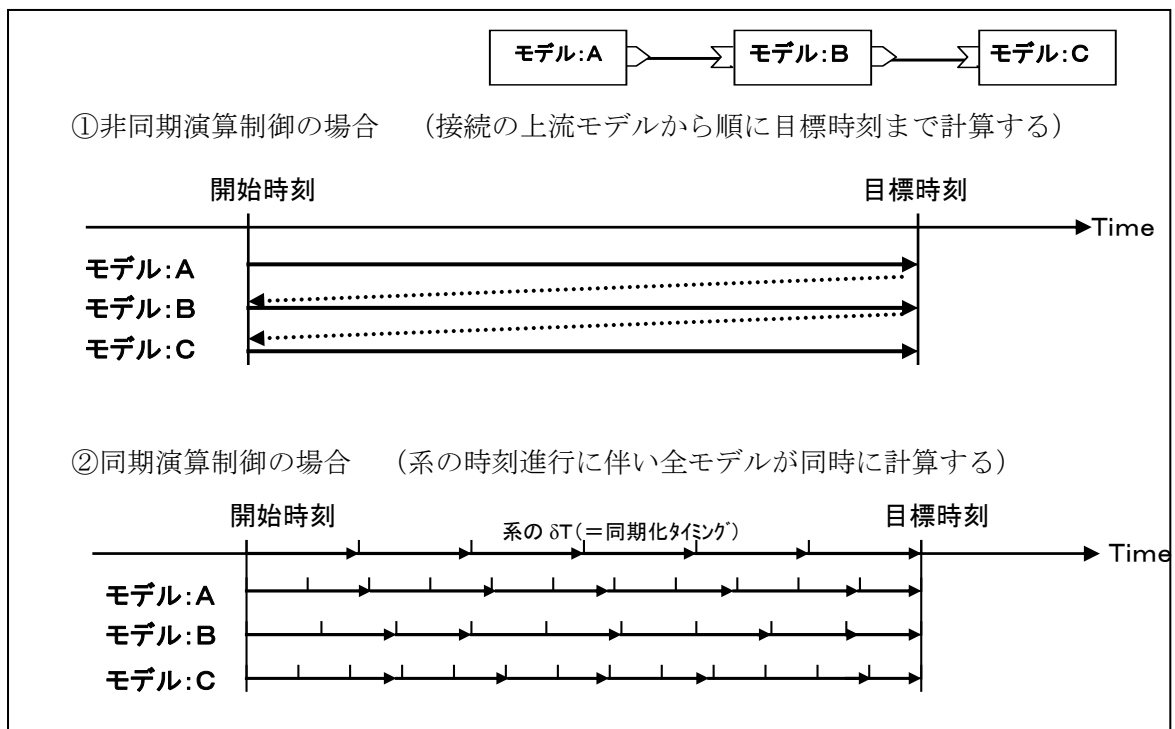
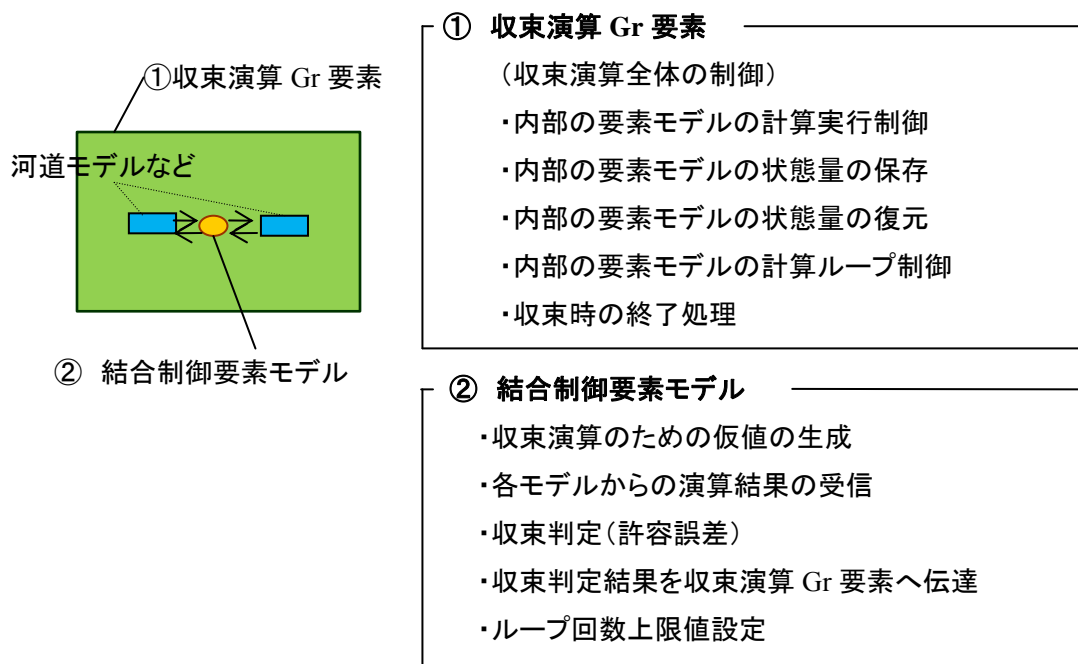


図 2-6 非同期と同期演算制御の概念

2.2.4 収束演算機能の整理

以上より CommonMP 上で実現する収束演算手法は、集束演算グループ要素と結合制御モデルとに役割を分離して演算が可能な仕組みとした。

集束演算の実現方法の概念及び演算手法のフローについて、以下に示す。



※②は求められる条件に応じて内容変更が可能な仕組みとする。

図 2-7 CommonMP における収束演算実現の考え方

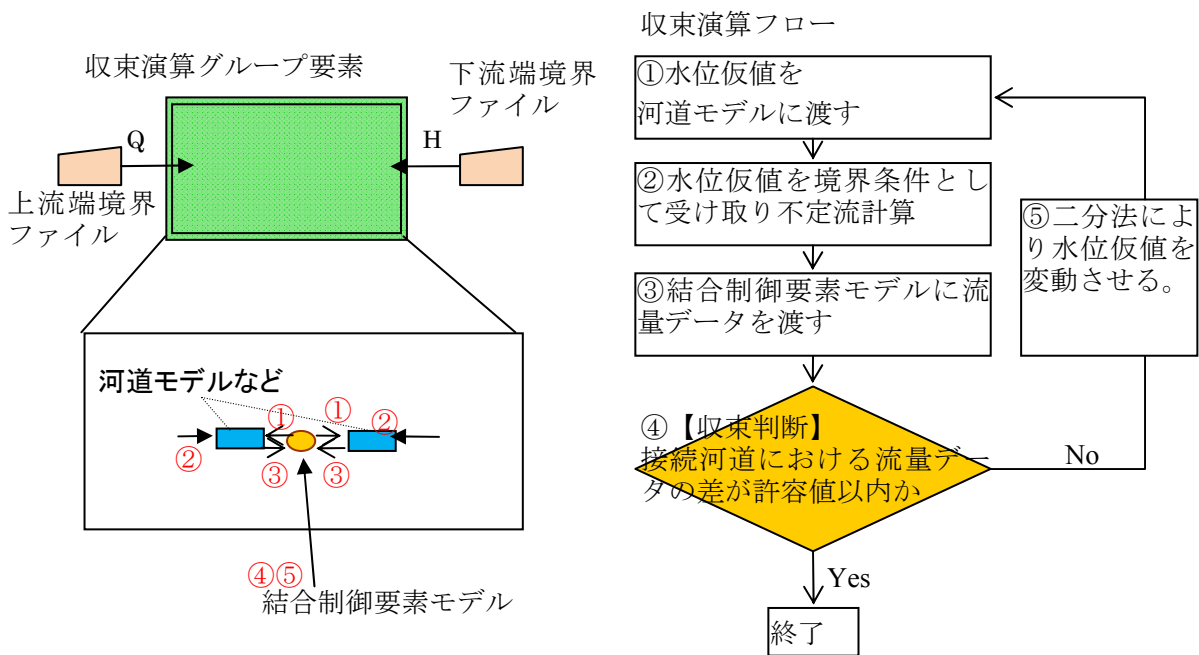
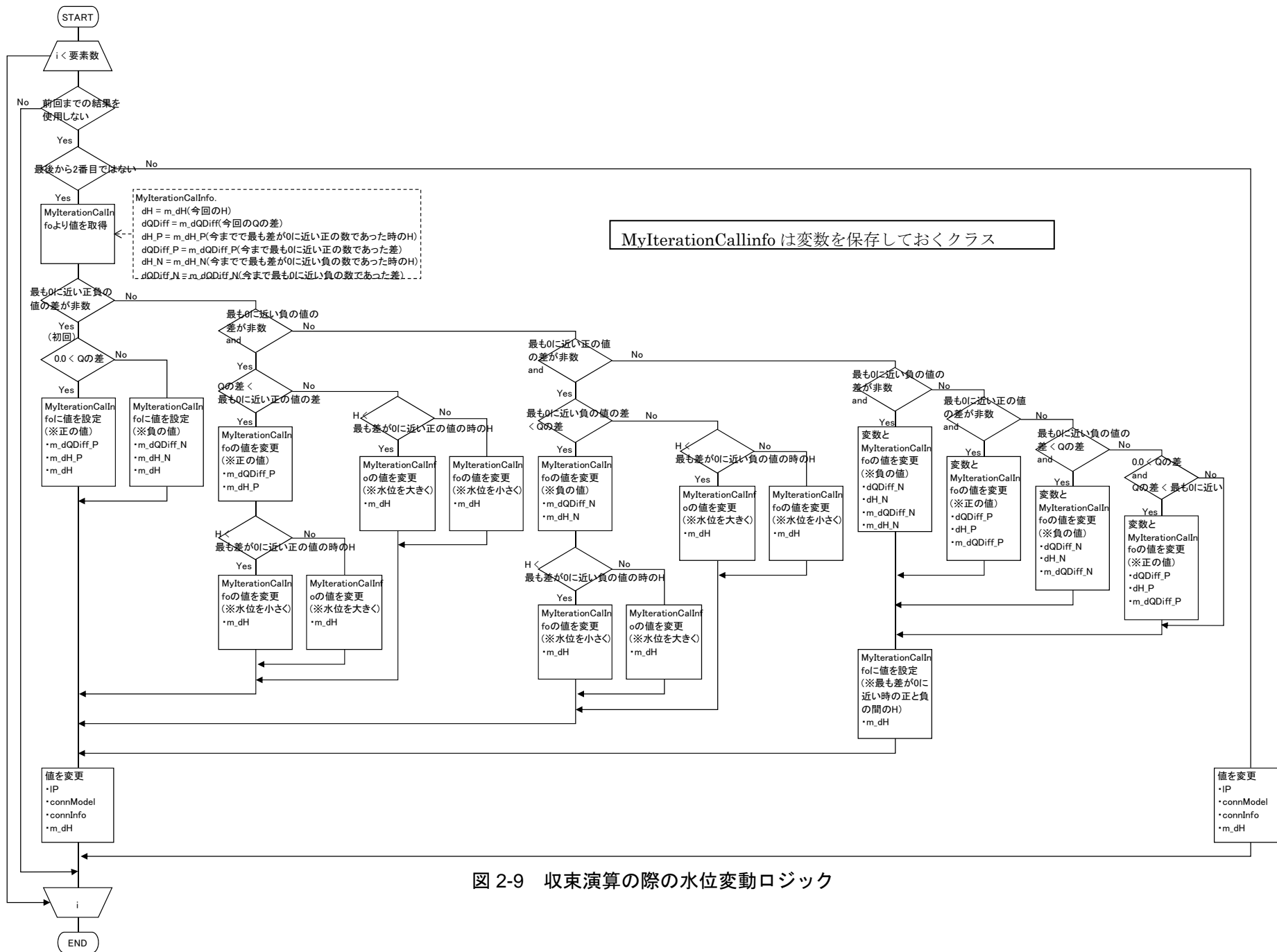


図 2-8 収束演算グループ要素内部の収束演算フロー（河道モデルの例）

2.2.5 収束判定ロジック

結合制御要素モデルは、水位仮値を各モデルに渡し、収束の判定を行うが、収束しなかった場合に水位を変動させる必要がある。

この際に水位を変動させるロジックを以下に示す。



MyIterationCallInfo は変数を保存しておくクラス

図 2-9 収束演算の際の水位変動ロジック

2.3 CommonMP で提供する要素モデル

CommonMP で提供する収束演算のための要素モデル収束演算グループ要素と結合制御要素モデルを提供する。これにより収束演算グループ要素と結合制御要素モデルの提供により、既存の河道モデル間接続など、水位と流量をやりとりする様々な要素モデルの組み合わせの収束演算に対応することが可能となる。

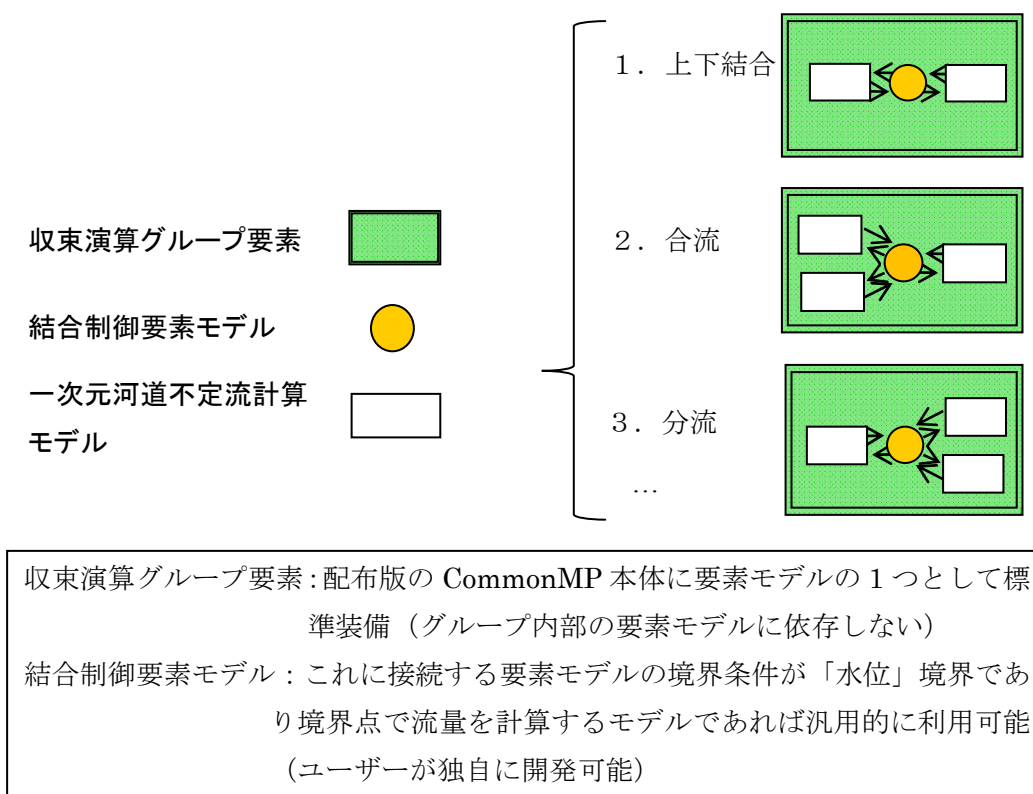


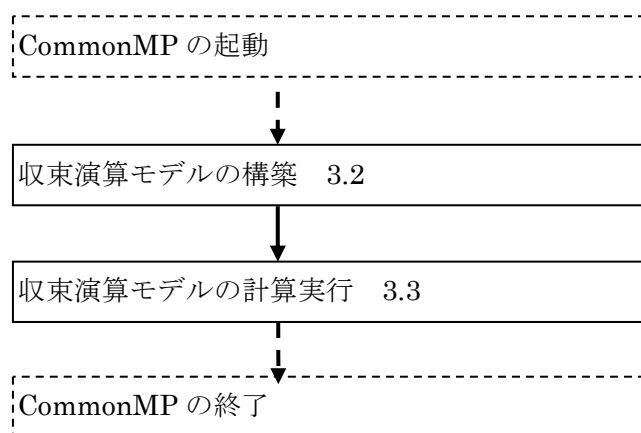
図 2-10 CommonMP で提供するモデル案

3. 利用フロー

本章では、収束演算機能の利用手順を示すものとします。

3.1 利用フロー

収束演算機能の利用フローを図 3-1 に示します。



利用項目に添えられている数字は説明されている節、項を指します。

図 3-1 CommonMP オプション機能の利用フロー

3.2 収束演算モデルの構築

以下では、河道の直列接続の収束演算を行うサンプルプロジェクトの作成方法および計算結果について記します。

3.2.1 収束演算 Gr 演算要素の配置

「CommonMP」の新規プロジェクト画面を立ち上げます。(図 3-2)。

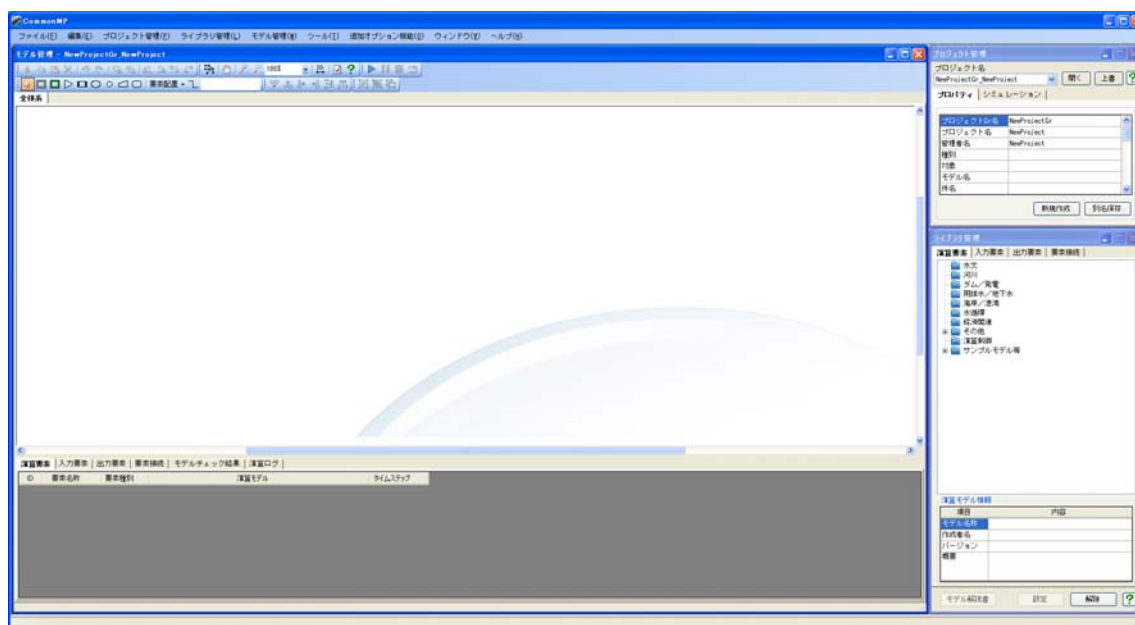


図 3-2 プログラムの開始画面

CommonMP の左上のタブ画面から、収束演算系グループ要素を選択し、配置します (①)。ライブラリ管理の演算要素>演算制御の中から河道収束演算グループ要素を選択します (②)。

河道収束演算グループ要素をダブルクリックし、タイムステップを設定します (③)。

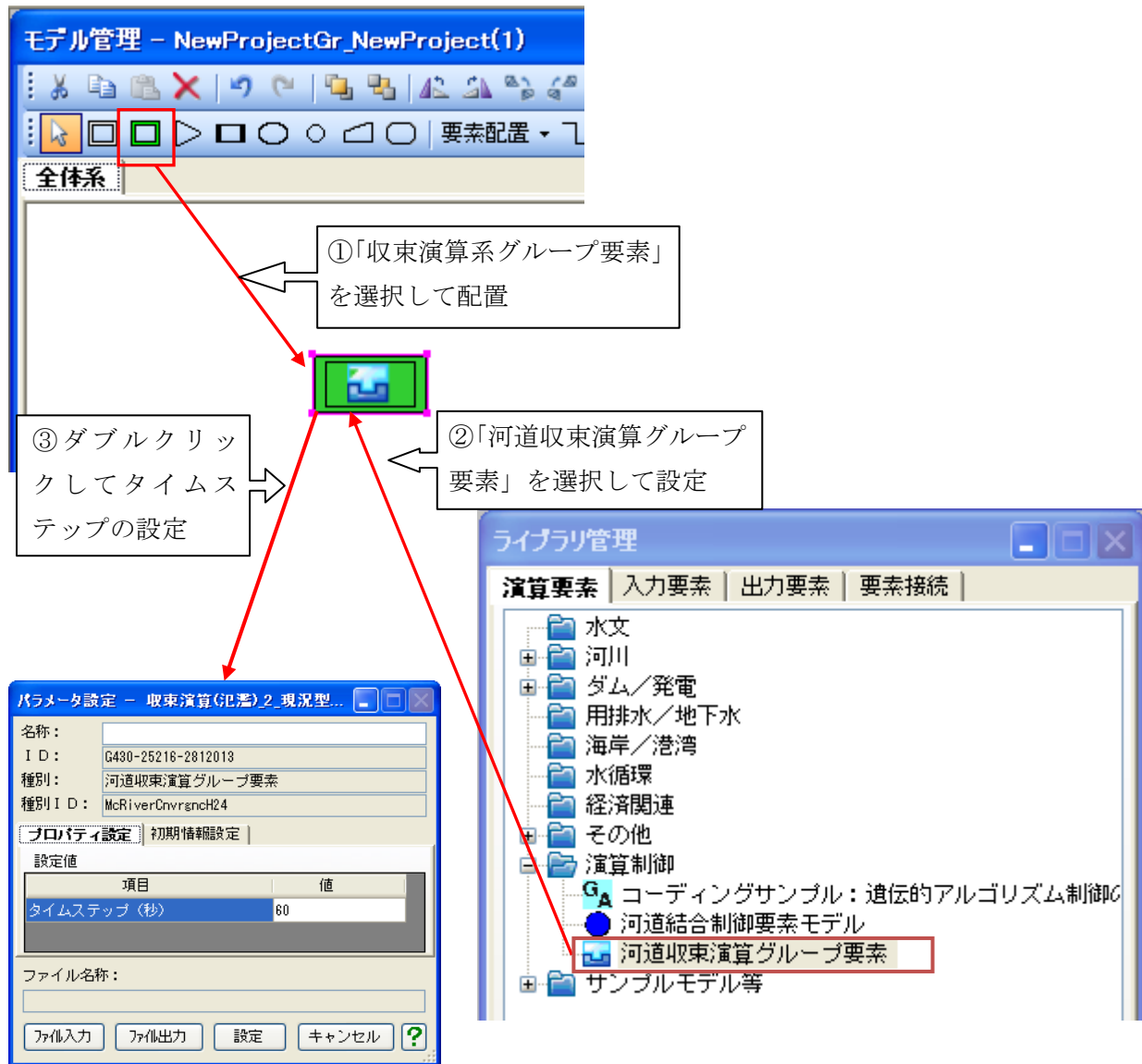


図 3-3 要素モデルの作成方法 (1)

3.2.2 収束演算 Gr 内部の要素モデルの配置

次に、収束演算 Gr の内部の要素モデルを配置します。収束演算 Gr 演算要素を右クリックして、「グループ内部表示を開く」をクリックします。すると、画面タブが全体系から部分系に切り替わります。

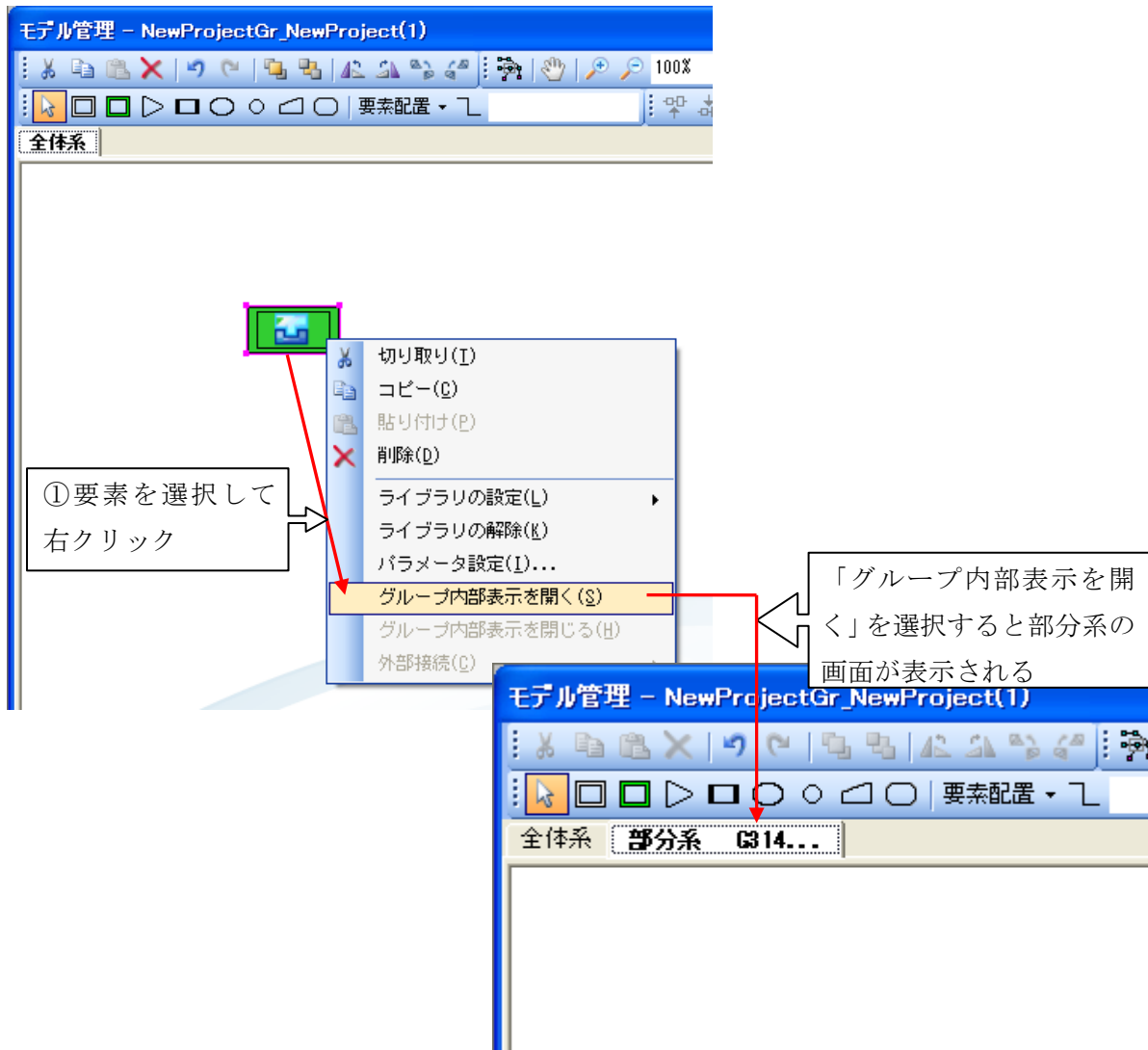


図 3-4 収束演算 Gr 内部の表示方法

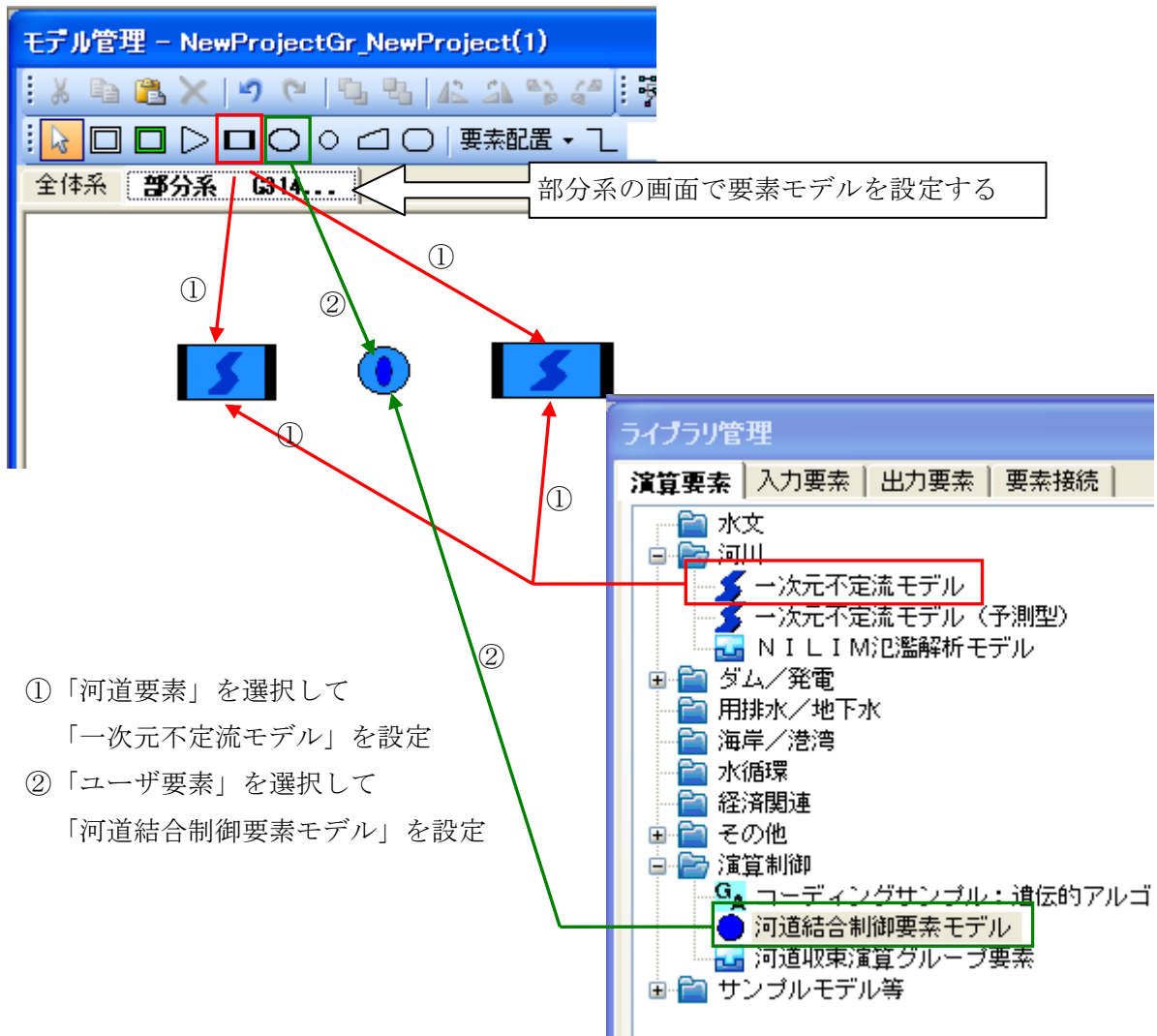


図 3-5 要素モデルの作成方法

次に収束演算に関する各種変数を設定します。設定項目は以下の通りです。



【設定項目】

	概要
タイムステップ (秒)	演算のタイムステップ (河道計算のタイムステップと同じ値にします。)
ループの最大回数(回)	Nmax 回試行しても収束しない場合はその中で最も $\Delta Q = (\text{接続地点に流れてくる流量}) - (\text{接続地点から流出する流量})$ が 0 に近くなったときの水位・流量を返す。標準値は 100 回とする。
接続地点の河床高(m)	複数河川が接続する地点の河床高を入力する。 (水深算出のために必要となる)
初期水位(m)	接続地点の初期水位
収束の許容誤差 E (m³/s)	$\Delta Q = (\text{接続地点に流れてくる流量}) - (\text{接続地点から流出する流量})$ として、 $ \Delta Q < E$ ならば収束したと判断する。
調整率 α	収束演算の試行の結果、許容誤差範囲に収まらなかった場合、前回試行の接続地点水位に $1 \pm \alpha$ を掛けて変動させて再度試行する。標準値は 0.05 とする。
(ログファイル名)	Ctrl+Alt+Shift+L により入力画面を表示出来ます。 ファイル名を指定することで、収束演算に関するログファイルを指定出来ます。

図 3-6 要素モデルの作成方法

次に河道モデルと河道結合制御要素モデルをポイント時系列の伝送線にて双方向接続します。

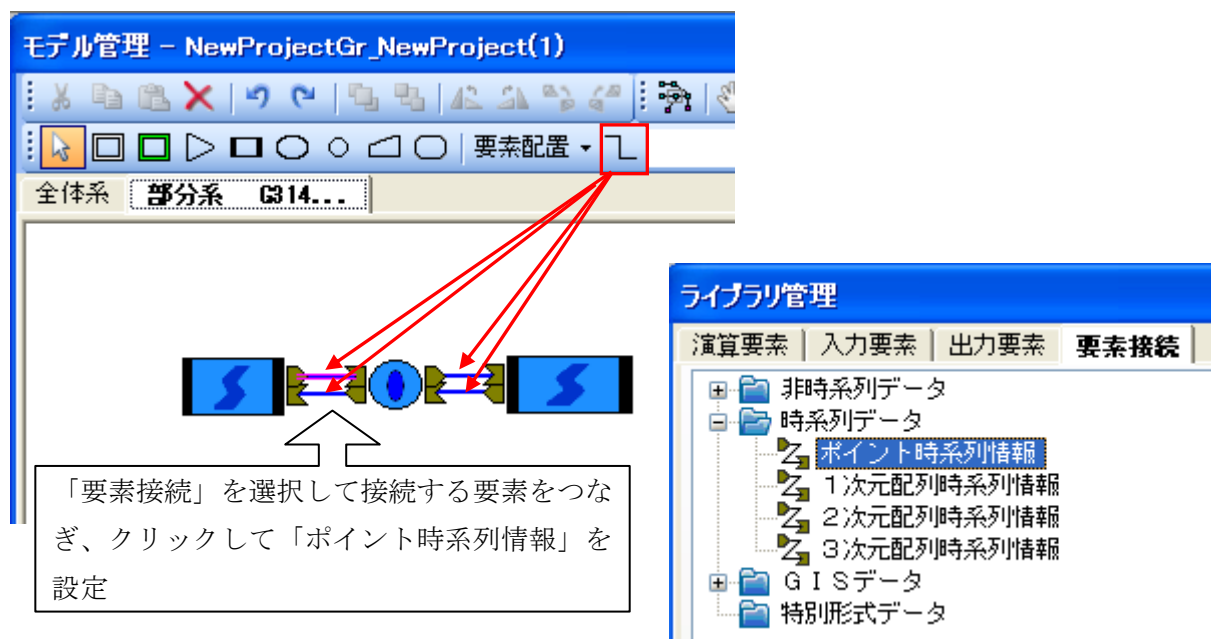
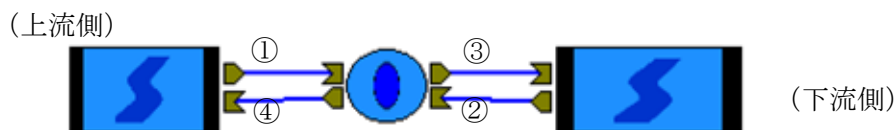


図 3-7 要素モデルの作成方法 (4)

次に各要素接続の設定を行います。要素接続は以下のように接続します。



各要素接続をダブルクリックして設定画面を表示する

①②をクリックした場合の設定画面

設定値

(上流モデル)、(下流モデル)

①下流端出力、上流側流量(接続地点)

②上流端出力、下流側流量(接続地点)

③④をクリックした場合の設定画面

設定値

(上流モデル)、(下流モデル)

③下流側水位(接続地点)、上流端水位

④上流側水位(接続地点)、下流端水位

図 3-8 要素モデルの作成方法 (5)

3.2.3 収束演算グループ外部と内部の要素モデルとの接続

全体系のタブに戻り、収束演算グループの外部の接続させたい要素モデルと、収束演算グループを要素接続します。すると、部分系の画面に収束演算グループの外部につながる結束点が表示されます。この結束点と部分系の要素モデルを接続させることで、収束演算グループ内部と外部の接続が完了します。

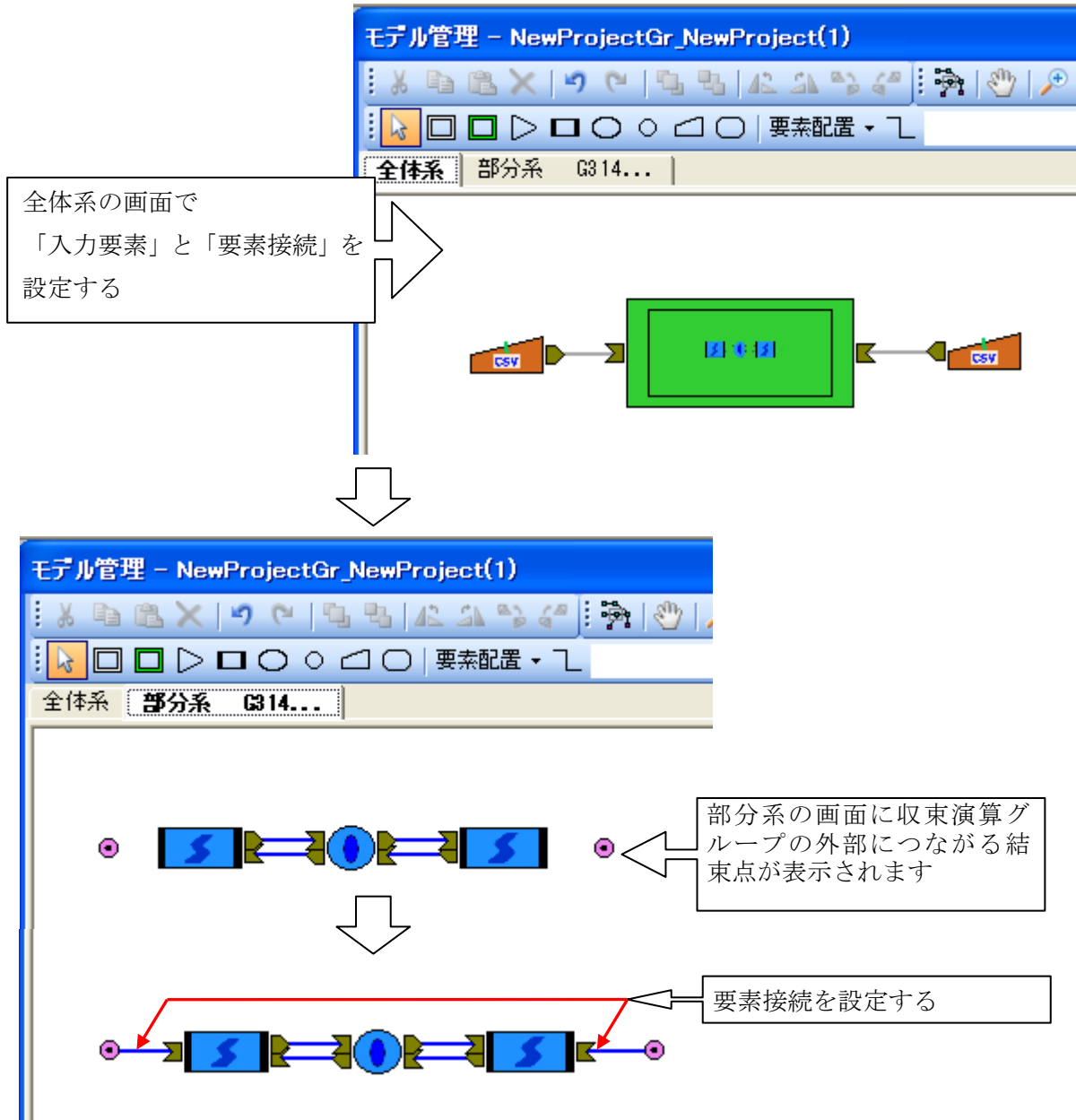


図 3-9 要素モデルの作成方法 (6)

上記までのプロセスののち、さらに河道モデルから CSV 出力モデルへの要素接続を行い、直列接続した二つの河道モデルによる収束演算モデルの構築が完了した。

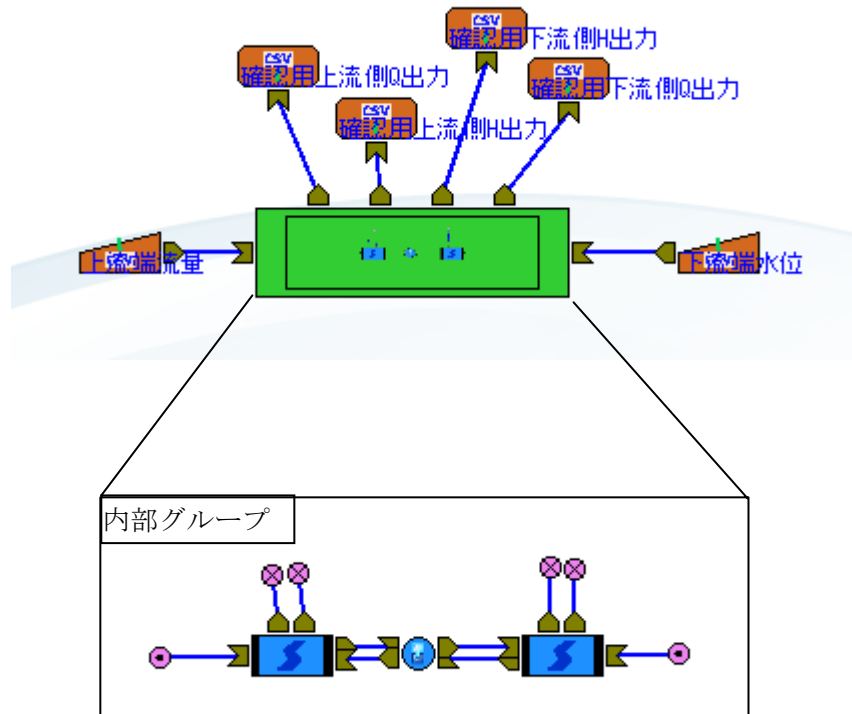


図 3-10 要素モデルの作成方法 (7)

3.3 収束演算モデルの計算実行

収束演算は通常の CommonMP の計算実行と同様に、計算開始ボタンを押すことで収束演算が開始されます。モデル計算の中断・再開も可能です。

前節で設定したモデルに、実際の値を入れて計算を行い、収束演算ができていることを確認しました。以下にその確認結果を以下に示します。

パラメータ設定 - 収束演算(汎濫)2_現況型...

名称:

ID: G430-25216-2812013

種別: 河道収束演算グループ要素

種別ID: McRiverCnvrgrnch24

プロパティ設定 | 初期情報設定

項目	値
タイムステップ (秒)	60

ファイル名称:

ファイル入力 ファイル出力 設定 キャンセル ?

河道結合制御要素モデル

タイムステップ (秒)
接続する要素モデルのタイムステップと同じタイムステップとする。

ループの最大回数 Nmax (回)
Nmax回試行しても収束しない場合はその中で $\Delta Q = (\text{接続地点に流入する流量}) - (\text{接続地点から流出する流量})$ が最も0に近くなったときの水位・流量を収束演算の結果として返す。標準値は100回。

接続地点の河床高 (m)
複数河川が接続する地点の河床高を入力する。水深の算出のために必要。

接続地点の初期水位 (m)

収束の許容誤差 E (m³/s)
 $\Delta Q = (\text{接続地点に流入する流量}) - (\text{接続地点から流出する流量})$ として、 $|\Delta Q| < E$ ならば収束したと判断する。

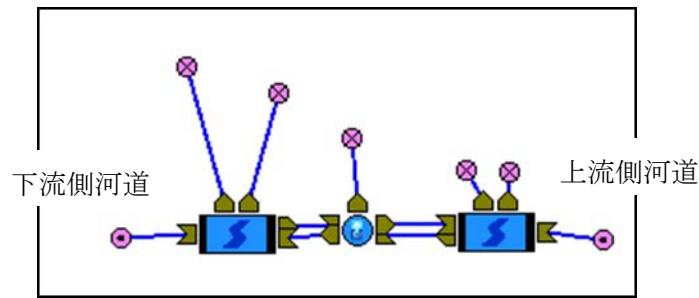
調整率 α
収束演算の試行の結果、許容誤差範囲に収まらなかった場合、前回試行の接続地点水位に $1 \pm \alpha$ を掛けて変動させて、再度試行する。標準値は0.05。

ログファイル名

確定 キャンセル

図 3-11 収束演算モデル 変数の設定

計算結果は以下の通りです。流量は収束の許容誤差の範囲内で一致している。



下流側水位

上流側水位

流側H.csv						
A	B	C	D	E	F	G
HvSCSVFileData	Ver1.0					
データ区分	時系列					
Time	Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5
2002/7/10 18:00	0.4	0.589395	0.799326	1.000047	1.200685	1.401385
2002/7/10 19:00	0.43	0.630572	0.812292	1.057996	1.279317	1.505163
2002/7/10 20:00	0.53	0.754488	0.885063	1.163852	1.370139	1.592213
2002/7/10 21:00	0.69	0.81809	1.00196	1.308566	1.497912	1.725808
2002/7/10 22:00	0.9	1.132563	1.181067	1.502505	1.685958	1.924785
2002/7/10 23:00	1.14	1.36968	1.415009	1.737675	1.918227	2.160053
2002/7/11 0:00	1.4	1.615916	1.664317	1.970793	2.151229	2.391687
2002/7/11 1:00	1.66	1.858209	1.919661	2.209504	2.395186	2.631483
2002/7/11 2:00	1.9	2.079431	2.154178	2.427694	2.616103	2.846944
2002/7/11 3:00	2.11	2.271573	2.3597	2.619615	2.810548	3.036375

上流側					
B	C	D	E	F	G
Ver1.0					
時系列					
Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5
1.401385	1.602299	1.801177	2.002723	2.2048	2.407041
1.505163	1.713736	1.843917	2.091984	2.310043	2.532806
1.592213	1.786084	1.909638	2.197269	2.388439	2.619085
1.725808	1.939503	2.036305	2.344631	2.531182	2.760601
1.924785	2.161065	2.221732	2.543082	2.727794	2.968298
2.160053	2.388619	2.446107	2.767831	2.949097	3.190395
2.391687	2.611462	2.680836	2.992939	3.179074	3.421361
2.631483	2.837675	2.920509	3.220938	3.412596	3.651309
2.846944	3.039269	3.136697	3.426301	3.62310	3.859074
3.036375	3.215026	3.325988	3.606246	3.807379	4.040373

下流側流量

上流側流量

流側Q.csv						
A	B	C	D	E	F	G
HvSCSVFileData	Ver1.0					
データ区分	時系列					
Time	Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5
2002/7/10 18:00	28.54327	28.8174	28.09776	27.84877	28.00965	28.59196
2002/7/10 19:00	32.42639	33.04892	33.01056	33.74202	34.58263	35.28714
2002/7/10 20:00	43.75307	44.9759	45.09101	46.35561	47.3835	48.16973
2002/7/10 21:00	67.58751	69.28706	69.66528	71.44866	72.79749	74.12993
2002/7/10 22:00	107.1476	109.276	110.0919	112.6548	114.6068	116.6714
2002/7/10 23:00	166.9929	169.4239	170.292	173.2218	175.2895	177.3911
2002/7/11 0:00	240.7755	243.426	244.3773	247.4506	249.6472	251.9864
2002/7/11 1:00	327.4827	330.2314	331.0672	334.1461	336.3536	338.5953
2002/7/11 2:00	418.3647	421.03	421.7254	424.652	426.7966	429.003
2002/7/11 3:00	502.4611	504.9569	505.3143	507.8151	509.5503	511.2646

上流側					
B	C	D	E	F	G
Ver1.0					
時系列					
Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5
28.58587	29.68996	29.84698	30.6977	32.33734	35
35.16883	36.16723	35.91703	36.42823	36.885	37
48.62008	49.70966	49.87084	51.22642	52.22421	53
74.51992	76.13551	76.58568	78.36342	79.67521	81
116.651	118.884	119.6784	122.1792	124.0662	126
177.7098	179.9203	180.5559	183.2278	185.0773	187
252.4385	254.9565	255.7369	258.6451	260.7619	263
339.0788	341.5712	342.0979	344.9228	346.9221	349
428.1813	430.7794	431.2477	433.9945	435.96	438
512.2584	514.5035	514.518	516.8062	518.3752	520

接続地点の二つの河道の流量は設定した許容誤差 (1m³/s) の範囲内で一致している。

図 3-12 収束演算計算結果