

## 第4節

## GISによる「しなりお君」の開発

プリマ・オキ・ディッキ

岩手県立大学ソフトウェア情報学部

第3節でGISシナリオワークショップの説明をおこなったが、本節ではそのために必要な具体的なソフトウェア（シナリオプランニングツール）のプロトタイプ開発の試みを紹介する。琵琶湖の環境保全シナリオと稲枝の地域シナリオの結果をシミュレーションするために、GISによるシミュレーションシステムの開発を行った（以後、このシステムを「しなりお君」と呼ぶ）。しなりお君の開発において、各シナリオによる地域の農業政策や集落の変化などと琵琶湖の環境保全との相互関係を水文流出モデルで処理し、河口に流入してくる物質を算出した。ここで、想定するシナリオを容易に決定するために、各シナリオとその結果を短時間で計算できるという条件が必要であり、しなりお君には従来の水文流出モデルを簡略したものを適用した。

## 1. 基本概念

しなりお君は、まずの地域の農業政策や集落の変化を地図上に登録し、次にデジタル標高モデル（DEM）と水路データをもとに琵琶湖に流れ込む各地点からの表面流水に含まれている土壌粒子、リン・窒素などの栄養塩といった特定物質の量を算出する。特定物質の量の計算は、シナリオによって変化した土地利用をもとに行われる。最後に、これらの物質の量を琵琶湖の海岸沿いの河

口ごとに積算し、湖面上にその濃度をグラデーションで表示する。図1は、しなりお君の一連の処理を示す。それぞれの処理について、以下に述べる。

## 1.1 流出方位の決定

水は重力によって高い場所から低い場所へ流れたとき、その流出方位は低い場所への最も傾斜の大きい方位をとっている。GISでは一般的に、ある地点からの流出方位について、その地点から見た8方位の中の最急方位の一つとなる<sup>1)</sup>。本来、DEMから各地点の傾斜を直接計算することによって、流出方位を容易に決定できるが、DEMの精度が起因する問題によって前処理が必要になる。しなりお君では、まずDEM中に存在しているくぼ地を処理し、次に傾斜地と平地を識別する。最後に、傾斜地における流出方位は最急傾斜方位として求め、平地における流出方位は既存の水路への最短方位として求める。

## a. くぼ地の処理

DEM中に窪地が存在すると、その地点での流出方位が求められず、処理が中断してしまう。ここで窪地とは、全ての近傍地点の標高が着目地点よりも高い標高を持っている場合のことをいう（図2）。くぼ地の処理は3×3近傍の窓を用いて

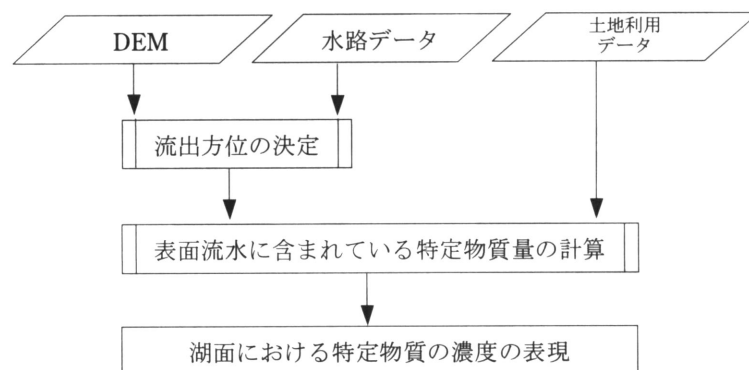


図1 しなりお君の一連の処理

DEMを走査し窪地を見つけ、その窪地の標高に対して近傍点中の最も低い地点の標高と等しくする<sup>2)</sup>。この処理を窪地が見つからなくなるまで繰り返す(図3)。

**b. 傾斜地と平地の識別処理**

ここで、傾斜地と平地を識別するために、対象領域における各地点の傾斜を計算し、傾斜の度合をもとに傾斜地および平地の識別する閾値を決定する。閾値の設定は実験的に決めるが、閾値を約0.1度に設定することによって、ほとんどの場合において、傾斜地と平地(農地を含む)を識別することができる。なお、予め農地区画データを入力することにより、平地の誤識別を回避できる。

**c. 流出方位の決定**

ある地点の流出方位は、その地点から見た8方位の中の一つであり、各方位について識別番号が与えられる。図4は各方位の識別番号を示す。図5は6×6メッシュ内の各地点における流出方位の表現の一例を示す。

傾斜地における最急方位(*dir*)は、着目地点とその近傍地点との標高差( $\Delta z$ )をそれらの地点間の距離(*d*)で割ることによって算出される(式1)。

$$dir = \frac{\Delta z}{d} \tag{1}$$

平地では、式1によって最急方位が求められないため、流出方位は既存の水路への最短方位として求める。水路データには、支流、排水路そして河口のデータから成り立っている(図6)。支流データは、ある水流内の地点の流出方位が最終的に支流の出口に向かうようにする役割をもっており、一方、排水路データは、各支流内の地点からの表面流水を河口に流すための経路を提供する。図7は、同一の支流での流出方位を決定するための流れを示す。

**STEP 1:** 平地にラスタ化した水路データ(以後、これを「水路メッシュ」とよぶ)を重ねる。ここで、水路メッシュのメッシュサイズはDEMのメッシュサイズに統一する必要があり、さらに水路データとその他の箇所を識別するためにフラグをたてる。

**STEP 2:** 河口のメッシュに対して、フラグをたてる。ここでは、河口のフラグを255とする。

**STEP 3:** 河口以外の水路メッシュに流出方位を決定する。この流出方位は、水原点か

6	7	8
8	3 窪地	5
6	4	5

図2 窪地の定義

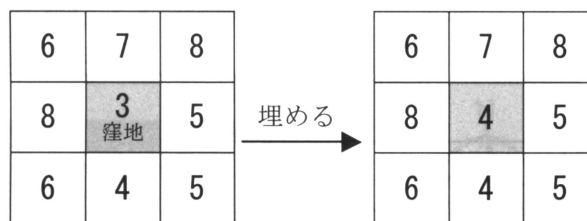


図3 窪地の処理

32	64	128
16		1
8	4	2

図4 流出方位

2	2	2	4	4	8
2	2	2	4	4	8
1	1	2	4	8	4
128	128	1	2	4	8
2	2	1	4	4	4
1	1	1	1	4	16

図5 6×6メッシュ内の各地点の流出方位の表現の一例

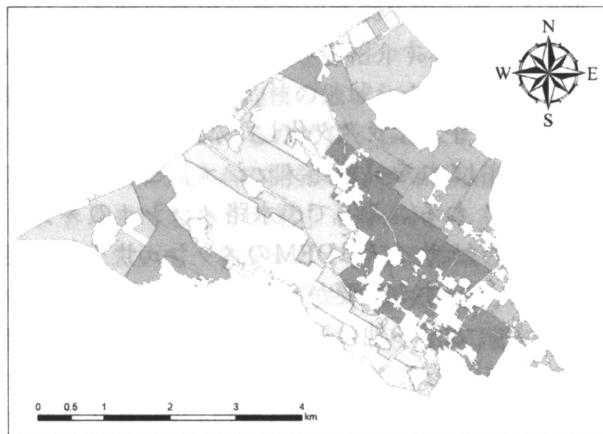
ら河口へ向かう方位として決定する。

**STEP 4:** 水路メッシュをもとに、バッファリング処理を行い、他のメッシュに対して水路メッシュまでの距離を付与する。

**STEP 5:** メッシュのバッファの値を地点の標高に加算し、新たにできた標高データから最急方位によって流出方位を決定する。

### 1.2 河口に流入する特定物質の計算

上述のように、河口に流入する特定物質の量を算出するには、各地点における特定物質の流出率を知る必要がある。しなりお君では、シナリオによって変化した土地利用データをもとに推定した特定物質の流出率を用いて、各地点における特定物質の量を流出方位にしたがって河口まで積算する。図8は、各地点の流出方位にしたがって積算する特定物質の概念図を示す。



(a) 支流



(b) 排水路 (丸は河口を示す)

図6 水路データ

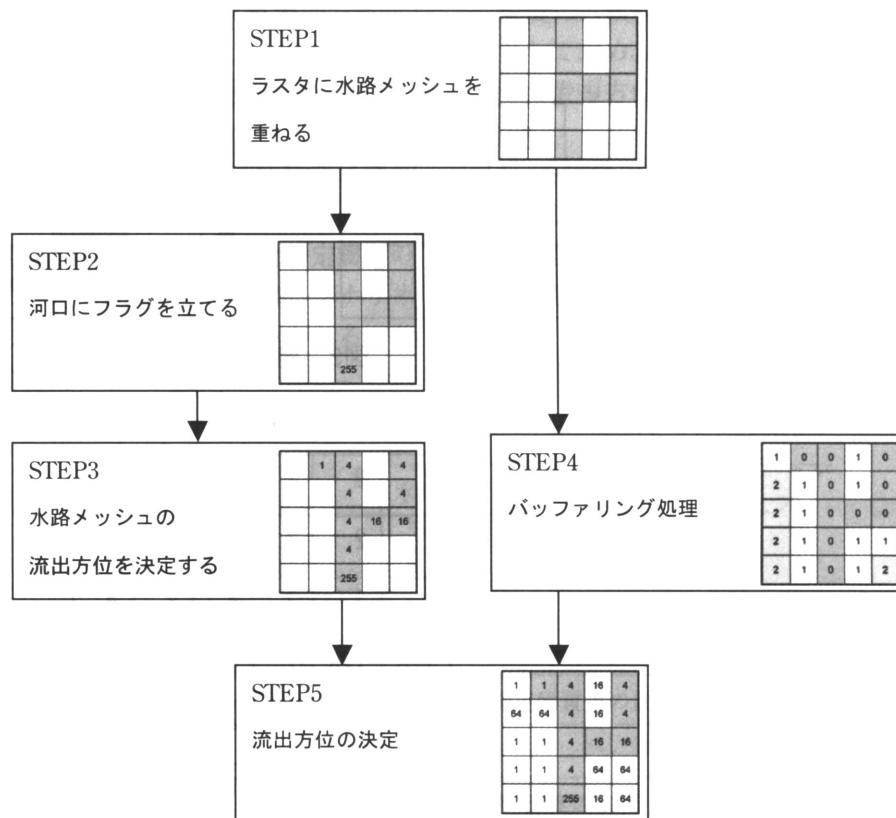


図7 平地での流出方位決定処理の流れ (同一支流)

1.3 湖面における特定物質の濃度の表現

湖面に特定物質の広がりを視覚的に表現するために、各河口に積算した特定物質の量を加重平均によって湖面全体の領域に補間し、補間した値の大小によってグラデーションで着色する。このとき、湖面は青く、特定物質の量が多ければ多いほど白く着色する。ただし、しなりお君では湖流を考慮していないため、特定物質の広がりは円形の広がりとして表現される（図9）。

2. 琵琶湖流域全体の特定物質の濃度の表現

琵琶湖全体に稲枝地域のシナリオをそのまま適用すると、シナリオに沿った土地利用の変化を各地域に適用しなければならないため、データ入力作業が増大する。しなりお君では、作業負担を軽

減するために、まずシナリオはある限定的な流域に適用し、流域内の農業政策や集落の変化を流域面積の割合として算出する。次に、琵琶湖全体の各流域について同一割合で農業政策や集落の変化を仮定し、最後に全体流域の河口について特定物質の濃度を計算する。

3. Flashによるしなりお君のデモ

ArcGISで作成したシナリオごとの結果を画像として出力し、それをういてFlashのコンテンツを作成する。Flashで作成したコンテンツはWebブラウザで実行できることにより、ユーザが選択したシナリオの結果を容易に閲覧することができるようになる。

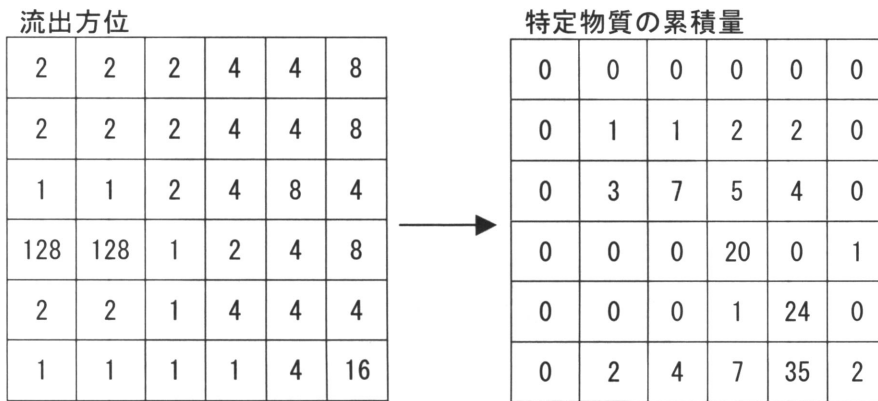


図8 河口に流入する特定物質の計算

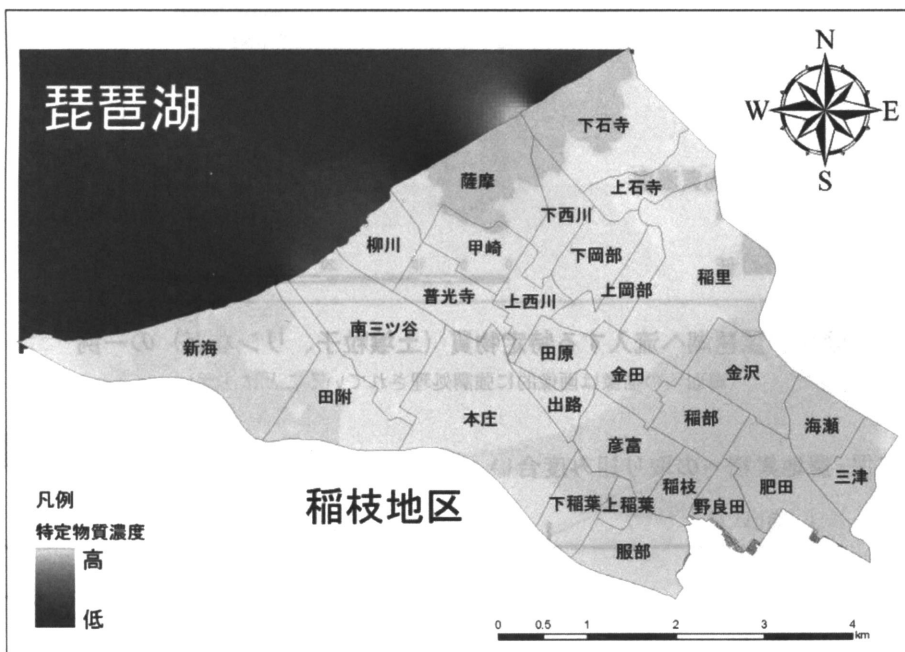


図9 琵琶湖へ流入する特定物質（土壌粒子、リンなど）の濃度の表現（稲枝地区）

4. しなりお君の利用の一例

2006年8月5日、6日にみずほ文化センターにおいての「いなえ水辺環境学サロン」でしなりお君のデモ展示を行った。デモでは、予め用意したシナリオをもとに、琵琶湖に流入する特定物質の相対的量を計算し、湖面全体に表示した(図10)。ここで、滋賀県の大規模農家支援による農地集積への取り組み度合を軸とし、その取り組み度合いにより4つのシナリオを設定した(図11)。

本デモでは、土地利用データの代わりに集落レ

ベルでの、農地集積の度合を農業タイプとして表現したものを用いた。ここで、より農地の集積している大規模農家が多い集落を農業タイプⅠとし、農業タイプⅡから農業タイプⅢへと規模が縮小していくことを意味する(表1)。なお、ある一定の期間を過ぎると農業タイプⅠは農業タイプⅡへ、農業タイプⅡは農業タイプⅢへと遷移するが(図12)、大規模農家支援の取り組み度合いが強いほど農業タイプが遷移するまでの期間が長い(表2)。

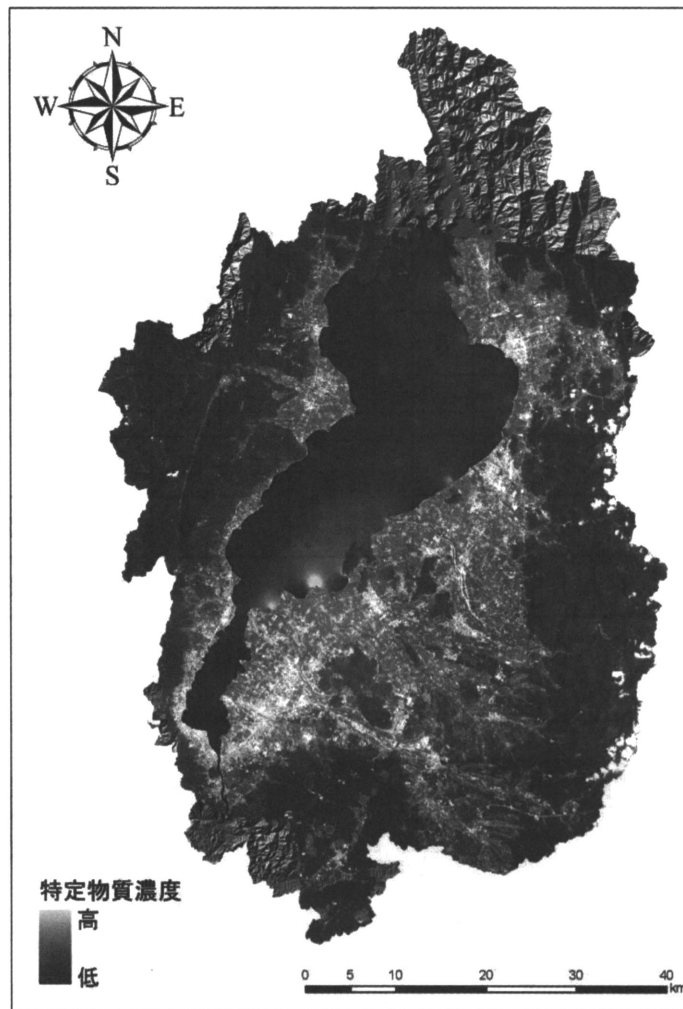


図10 琵琶湖へ流入する特定物質(土壌粒子、リンなど)の一例  
(湖面への描像は画像的に強調処理されていることに注意)

大規模農家支援・農地集積への取り組み度合い

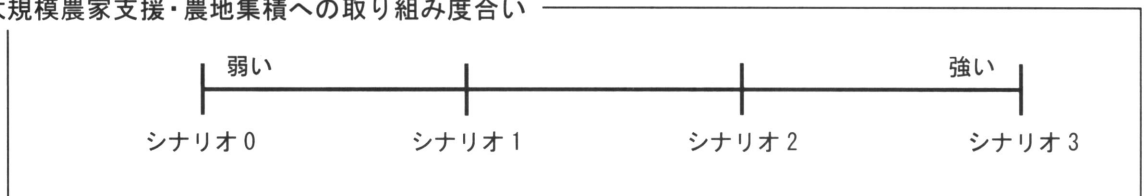


図11 シナリオの軸

4.1 使用データ

本デモでは、国土地理院発行の50mメッシュDEM、水路データそして農業区画データを使用した。水路データの中には、支流データと排水路データの精度が異なるため、排水路が支流をまたがることもある。そのような場合、支流をまたがった排水路の修正を行った。農業区画データには

道路等不要な情報を予め除去した。図13は使用データを示す。

4.2 しなりお君によって算出した流出方位

図14は、稲枝地区における流出方位を示す。この地域は平地がほとんどであるため、流出方位の決定は平地の処理として行った。

表1 集落の農業タイプの特徴

農業タイプ	経営規模	支援による影響	流出する特定物質の濃度
I	大規模経営	支援が大きいほどタイプIでいる時間が長い	低
II	農地維持経営	支援が大きいほどタイプIIでいる時間が長い	高
III	小規模経営	支援にかかわらずタイプIIIのまま変わらない	高

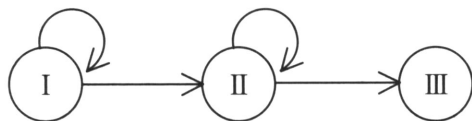


図12 農業タイプの遷移

表2 農業タイプが遷移するまでの期間

シナリオ	農業タイプが遷移するまでの期間
0	10年
1	15年
2	20年
3	遷移無し



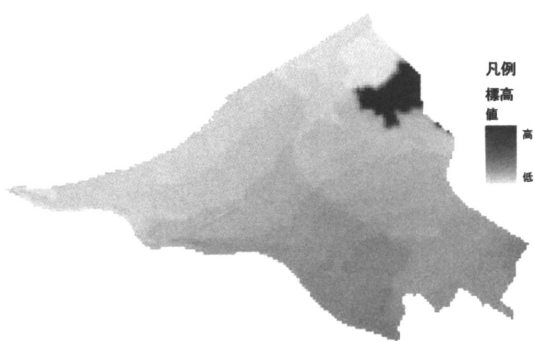
(a) 排水路(丸は河口)



(b) 農業区画



(c) 支流



(d) 標高

図13 使用データ

#### 4.3 表面流水に含まれている特定物質の量の計算

各地点から流出する特定物質量は、シナリオによって設定された農業タイプによって決定される。今回は、農業タイプⅠの集落の農地から流出する濁水量を1メッシュあたり0.9とし、農業タイプⅡ・Ⅲの集落の農地から流出する濁水量を1メッシュあたり1.0と設定した。図15は、水路を辿り河口へ流れている特定物質の量を示す。

#### 4.4 湖面における特定物質の濃度の表現

湖面に特定物質の広がりを視覚的に表現するために、各河口に積算した流量を加重平均によって湖面全体の領域に補間し、補間した値の大小によってグラデーションで着色した。このとき、特定物質の量が多ければ多いほど青から白へと着色する(図16)。ただし、しなりお君では湖流を考慮しないため、特定物質の広がりには円形の広がりとして表現される。

#### 4.5 結果の表示

図17は、稲枝地区におけるシナリオ0の結果を示す。琵琶湖全体における結果については、稲枝地区の結果を2節で述べた方法で琵琶湖全体に反映させることによって求めた。なお、「しなりお君」の説明をわかりやすくするために、これらのシミュレーション結果は、濁水流出の画像を視覚

的に強調しており、シナリオ自身もまた、現時点では、仮想的なものであることに注意されたい。

以上で、「しなりお君」のシステムの説明を終える。本節で紹介したように、シナリオプランニングツール、シナリオともに、まだ試作段階であり、今後開発を進める余地がある。しかし、私たちが提案したアイデアをもとに、GISやシミュレーションなどの情報技術が使われていくならば、将来的には、各階層のステークホルダー自身の問題意義に基づいてシナリオ作成され、階層間のコミュニケーションの促進のための方法のひとつとして、GISシナリオワークショップが実現することが期待される。

#### 引用文献

- 1) O'Callaghan J.F. and Mark D.M., The extraction of drainage networks from digital elevation data, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*. Vol.28, (1984) pp.323-344.
- 2) Martz L.W. and Garbrecht J., Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models. *Computers & Geosciences*, Vol.18, No.6 (1992) pp.747-761.

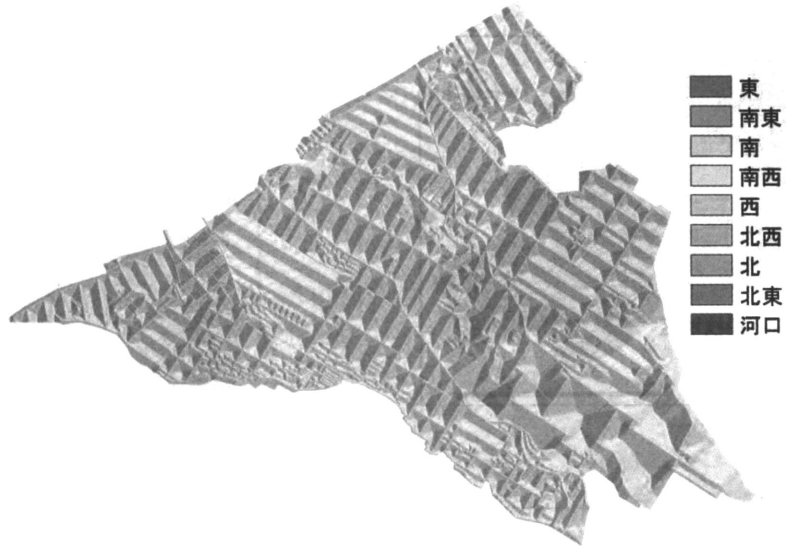


図14 流出方位 (口絵参照)



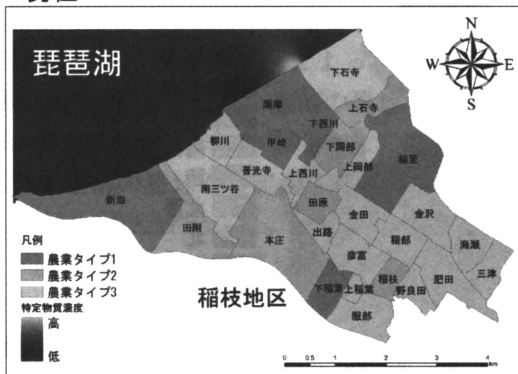
図15 累積流量



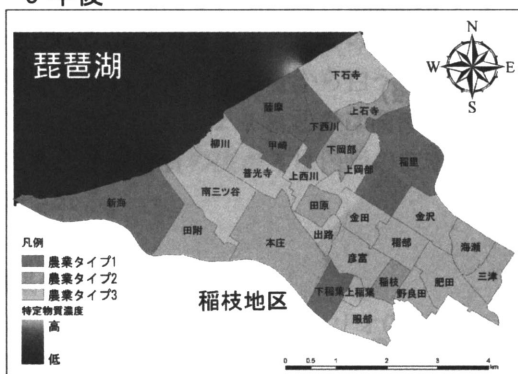
図16 湖面における特定物質の濃度の表現



現在



5年後



10年後



15年後



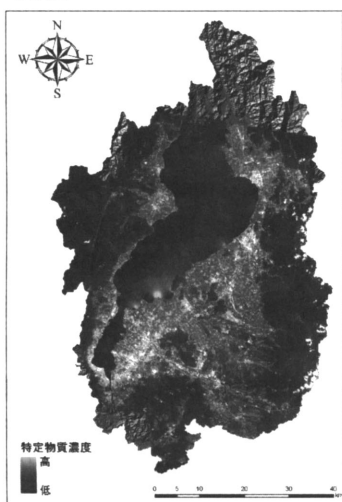
20年後



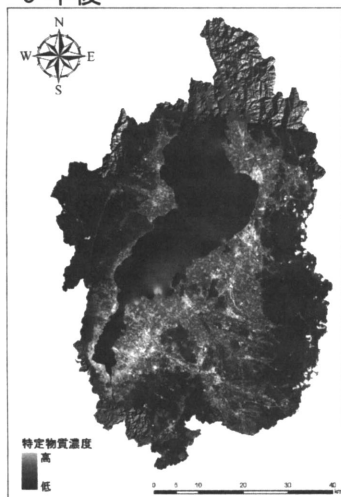
(a) 稲枝地区

図17 シナリオ0の結果

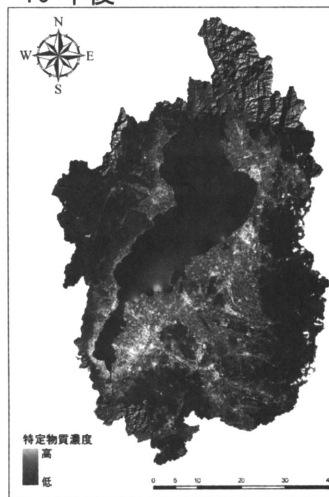
現在



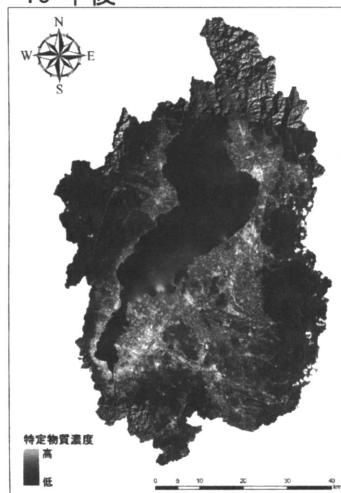
5年後



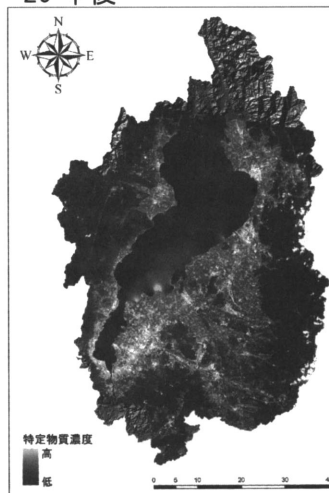
10年後



15年後



20年後



(b) 琵琶湖

図17 つづき