

I-27 社会基盤の風土イメージ形成評価支援のための動的彩色型ペトリネットシミュレータ研究  
 Study on Dynamic Colored Petri-net Simulator for Evaluation Support System of Infrastructure  
 Planning from Regional Climate Creation Viewpoint

木俣 昇<sup>1</sup>中村彰彦<sup>2</sup>

Noboru Kimata

Akihiko Nakamura

**[抄録]** 公共事業に対する費用対効果の重視は、当然の要請であるが、社会基盤の持つ長期性の視点から、その風土イメージの形成性評価もまた重要である。本論文は、この視点より、その評価支援のための動的彩色型ペトリネットシミュレータの開発と、社会基盤を風土の中に置き、その風土イメージの四季推移の表現化に関する基礎研究を行ったものである。まず、著者等の既開発ペトリネットシミュレータの表現力に着目し、その動的・彩色的特性を提示し、表現系を担うブレースの形状面と彩色面の強化、さらに、非表示機能によるネットの視覚性の保持に加え、背景画像上でのネット構築性の付与等を提案し、風土イメージの表現システムへの改良を行う。次に、わが国の風土を代表する花木の桜単体を事例に、その四季推移の表現ネットの基本形を開発し、さらに、橋梁を風土の山並の中に置く水平目線からの四季推移イメージネットを背景画像上で構築し、シミュレーション結果の提示と実用化に向けた課題整理を行う。

**[Abstract]** Although it is necessary for infrastructure planning to evaluate its index on cost vs. benefit, it is also important to pay more attention to long perspective viewpoint for its contribution to regional climate creation. In this paper, we propose a supporting system based on so called dynamic colored Petri-net simulator for evaluation of a whole image created by combination of infrastructure and its regional climate. First we summarize the software of Petri-net simulator developed by the authors and its basic functions for image presentation. Following this, we develop an enriched simulator based on the software and demonstrate how to construct Petri-net models and how change colored states of them by a basic application to a tree image simulation of cherry blossoms. Finally we try to apply our simulator to simulate a whole image created by a bridge with a chain of mountains as background, and show its reproduction of real image and dynamic colored presentation of its seasonal rhythmic changing.

**[キーワード]** 社会基盤整備計画, 橋梁, ペトリネット, 風土イメージ, 動的シミュレータ, ソフトウェア改良

**[Keywords]** infrastructure planning, bridge, Petri net, Image of regional climate, dynamic simulator, improvement of software

### 1. まえがき

公共事業見直しの気運の中で、社会基盤整備計画には短兵急な厳しい視線が向けられている。また、費用対効果分析の適用も強く求められてきている。小林はその必要性を認めつつも“その多くは直接的な短期的便益で…長期的な効果を分析できる計算技術は発展途上にある”としている<sup>1)</sup>。篠原は“「良い」社会資本とは…市民がそれを誇りとし、長年にわたって愛着を持ち続けることが出来る…”としているように<sup>2)</sup>、著者らは社会基盤整備の評価には長期

性の視点が不可欠であると考え。その必要性は、近年認知されるようになってきた”土木遺産”という言葉にも十分に示唆されている。具体例でも、旧横浜船渠第二号ドックの活用による都市計画への歴史性の付与や、兵庫県朝来町でのダムを借景としたオープンミュージアム造り等は、社会基盤の持つ長期性と多様な効用性を示すものといえよう<sup>3)</sup>。

社会基盤整備計画の特徴は、長期性、広範囲性、および非可逆性にある。それ故に、多様な便益の創出とともに地域環境との整合性をも長期間にわたつ

1: 金沢大学工学部土木建設工学科 教授

(〒920-0942 金沢市小立野 2-40-20, Tel.076-234-4914 Fax.076-234-4915 E-mail kimata@t.kanazawa-u.ac.jp)

2: 金沢大学大学院自然科学研究科環境基盤工学専攻

て評価する視点が不可欠となることは明らかであろう。著者らは、より積極的な長期性の視点として、社会基盤の地域風土の形成性に着目することを提案したい。

この視点は、既に風土工学の導入として試みられている<sup>4)7)</sup>。しかし、風土分析から計画コンセプトを抽出し、施設のネーミングや形状設計に活用するというレベルに留まっている。花鳥風月あるいは雪月花という言葉で称されるわが国の風土イメージ<sup>8)</sup>の中で、既往社会基盤を豊かな色彩性とその変化との関連で眺めるという取り組みまでには至っていない。本研究では、多様な事象の、多様な形態での生起の記述性と、その結果のネットによる視覚的な表現性とに優れたペトリネット手法<sup>9)~11)</sup>を基礎にして、その彩色面と形状面を強化した動的彩色型ペトリネットシミュレータを開発することで、そのような取り組みへの展開性を具体化し、社会基盤整備計画の構築と評価の新たな支援情報技術の研究提案を目的とする。

このような視覚的な課題に関しては、細密でリアリティに富む表現性を持つCG (Computer Graphic) の使用が想起される<sup>12) 13)</sup>。本論文の方式では、後述するように、“プレース”と呼ばれるものを主とする点描画的な表現となり、CGの細密性には遠く及ばない。しかし、風土の複雑な季節変化の動的記述性や、計画代替案等の取込みという目的性と操作性の面や、必要な作業量とコスト面では優位にあるだろう。また、風土とはある意味で脳内に構成される全体像であり、動的な点描画は素描であるが故により脳内イメージを強く喚起する可能性も秘めている点にも期待が持てる。著者らは、ペトリネット手法<sup>9)10)</sup>の論理的明解性に着目し、参加型交通計画の支援技術として研究<sup>11)</sup>を展開してきたが、視覚的なネット記述に表現力を見出すことで、交通計画以外の土木分野でも利用可能な情報技術となりうると思う。

具体的には、まず、2.では、著者等の既開発ペトリネットシミュレータ<sup>11)</sup>を基に、その基本原理と実行ソフトウェアを概説し、動的表現性と彩色化能力について説明する。そして、3.では、風土の四季推移イメージの表現力を付与するために改良を行う項目を示し、それらの動的彩色型ペトリネットシミュ

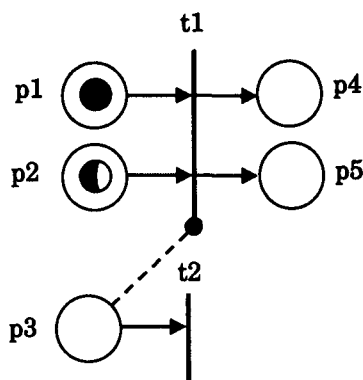


図-1 (1) ペトリネットの基本形

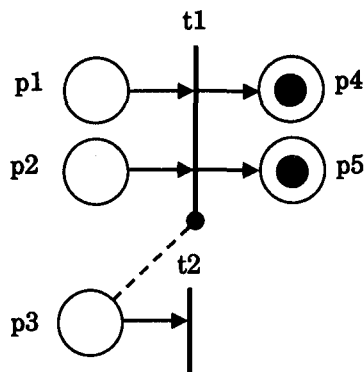


図-1 (2) ペトリネットの基本形

レータへの実装化について述べる。4.では、適用事例として、まず、わが国の風土イメージの代表要素の一つである桜木を対象に、その単体の四季推移のネット表現化を取り上げ、基本ネットの開発と桜単体の表現形のシミュレーション結果を提示する。次に、わが国の風土イメージのもう一つ原型である山並の中に橋梁を置き、遠・中・近景の水平目線での風土イメージネットを、背景画像上で構築し、その四季推移をシミュレーションすることを試み、対象の複雑性や見た目の具象性の表現技法としての基礎的検討を行う。

## 2. ペトリネットシミュレータの概要

### 2-1 ペトリネット<sup>付1)</sup>の基本原

ペトリネットは、事象の生起と系の状態推移を、図-1(1)に示すようなプレース(○)<sup>付2)</sup>、トランジション(↑)<sup>付3)</sup>、およびアーク(→, ……)から成るネットと、トランジションの発火<sup>付4)</sup>規則とで記述するモデル化手法である。事象はトランジションで表現され、その生起条件は入力プレースとして、生起の諸阻害条件は抑止プレースとして、そして、事象の生起後

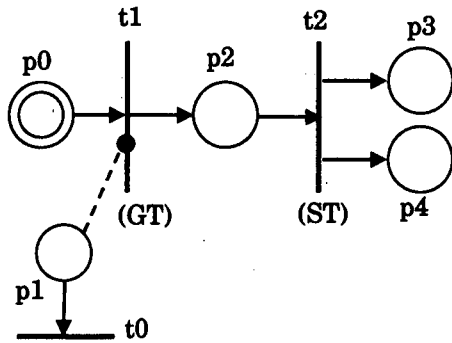


図-2 (1) 拡張型ネット

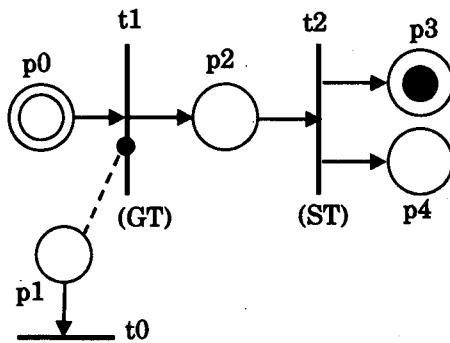


図-2 (2) 拡張型ネット

の状態は出力プレースとして、アークを用いて表示・定義される。

図-1(1)は、t1とt2という2つのトランジション(事象)を持つ系のネットモデル例で、t1については、p1とp2の2つが入力プレースで、さらに、p3がその抑止プレースとなっている。そして、p4、p5がその出力プレースである。t2については、p3が入力プレースで、抑止も出力プレースも持たない。プレース上のマークはトークンと呼ばれ、系の状態を示すのに使用される。

トランジションの発火則は、

- 1) 当該トランジションの全ての入力プレースにトークン(●)がマーキング付与されていて、かつ
- 2) 全ての抑止プレースにトークンが存在しないとき、その時に限りトランジションは発火し、
- 3) 全ての入力プレースからトークンを1個ずつ消費し、
- 4) 全ての出力プレースにトークンを1個ずつ配置する

という単純明快なものである。

時間ペトリネット (timed Petri net) では、トークンにタイマが与えられる。トランジションの発火

表-1 図-2の Sdata ファイル

```

PLACE 5
-1 1 0 //p0 発生プレース
1 -1 2 0 //p1
-1 1 0 //p2
-1 3 1 //p3 カラー1
-1 1 2 //p4 カラー2
end
TRAN 3
1 -1 -1 0 //t0
0 -1 2 -1 1 //t1 生成トランジション
2 -1 3 4 -1 2 //t2 選択トランジション
end
TOKEN 10
0 -1
-2
GENE 1
0 10 0.01
-1
generatetransZ 1
1 1 50 2 50
    
```

規則の 1) でいうトークンのマーキング状態とは、このタイマが消費され切っている状態を意味する。図-1(1)では、黒丸と半黒丸のトークンを用いて、t1の入力プレースの内 p1 上のトークンはそのタイマが消費され、マーキング状態にあるが、p2の方はタイマが消費され切っていないことを模式的に示している。時間の進行に伴って p2 も黒丸のトークンになり、その時刻には上の発火則 1)と 2)が成立し、3)と 4)によって図-1(2)に推移する。ペトリネットの動的表現性は、トークンへのタイマの設定/更新性と、トランジションの発火則によるトークンの駆動性によるものである。

このようにペトリネット手法は単純で明快なルールに従うもので、汎用性に優れている。しかし、このままでは記述力に限界があり、特に、確率過程の取込みのために図-2(1)に示すような若干の特殊なプレースとトランジションが導入される。その一つが発生プレースと呼ばれる特殊プレースで、ここでは p0 がそれに当たる。区別は、後述する Sdata ファイルによってなされ、そこで設定された平均値のポアソン分布に従ってトークンが生成されることになる。

t1 は出力トークンへカラー属性を付与する生成トランジション(GT)で、Sdata ファイルで設定された比率で、カラー属性を持ったトークンを生成する。

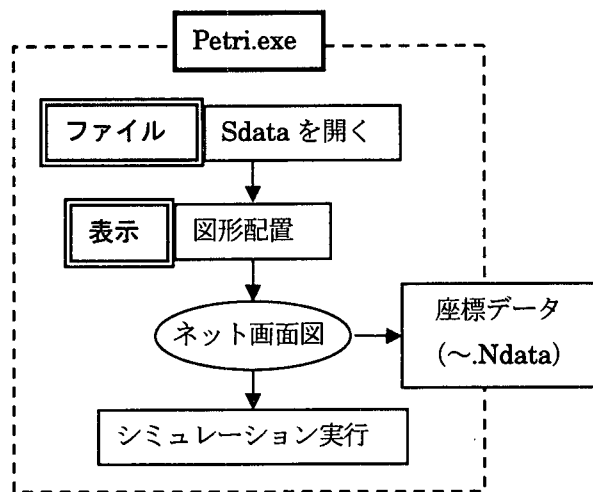


図-3(1)ペトリネットシミュレーションの実行手順

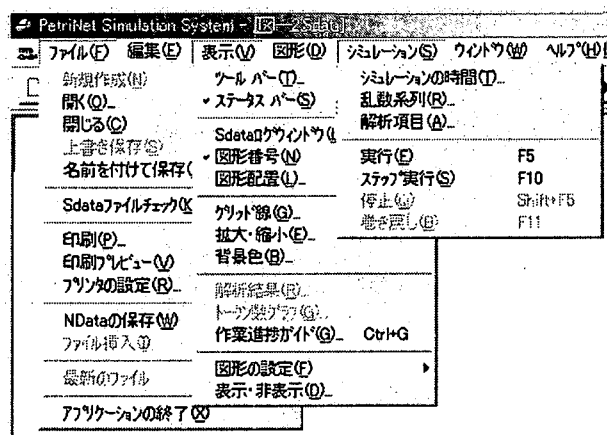


図-3(2)ペトリネットシミュレーションの基本メニュー

一方、t2 は、カラー属性を持つトークンの出力プレースを、その属性値に応じて決定する選択トランジション(ST)である。これらの導入に伴い出カルールは若干変更されるが、トランジションの発火規則は基本的には変わらない。図-2(2)は、このトランジションの発火に伴う推移図である。図-1(2)では発火トランジションの全ての出力プレースにトークンが配置されたが、図-2(2)では、トークン属性によって定まるプレースのみに選択的に出力されることになる。

表-1 は図-2(1)のネットモデルの Sdata ファイルで、このネットの個々の構成要素の特定化と、ネットモデルにおける要素間の関係を、一定の形式で記述したものである。Sdata 表記は、PLACE, TRAN, TOKEN, GENE, および generatetransZ の項より成る。

PLACE の項では、総数を記入し、0 番のプレースから順に 1 行を使って、(抑止トランジション番号)

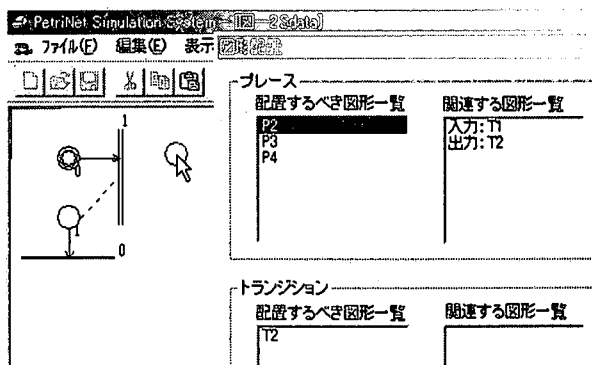


図-3 (3) ネット構築の支援画面

1(タイマ)(カラー種類)の順で指定する。例えば、2 行目は p1 の記述で、t1 を抑止し、タイマは 2 で、カラーは継承(0)であり、4 行目は p3 の記述で、抑止トランジションは無く、タイマは 3 で、カラー番号 1 のトークン出力プレースであることを意味する。TRAN の書式も、総数を記入し、0 番のトランジションから順に、(入力プレース番号)-1(出力プレース番号)-1(トランジション種類)の順となる。トランジション種類 1 は生成、2 は選択を意味する。

TOKEN の項は、トークンの初期配置プレースを指定する。この例では、プレース 0 に配置されている。GENE の項は、上述した発生プレースの特定化で、(プレース番号)(平均値)(初期時刻)という書式で、この例では、プレース 0 が発生プレースで、1 分間に平均 10 個で発生させ、その初期時刻は 0.01 秒後という指定である。generatetransZ の項は、カラー生成トランジションの特定化で、(トランジション番号)(第 1 カラー番号)(生成率)(第 2 カラー番号)(生成率)という書式である。

## 2-2 実行ソフトウェアの概要

著者等は、上述の Sdata ファイルによるペトリネットの実行ソフトウェア“Petri.exe”を既に開発している<sup>11)</sup>。これは、C++で作成され、Windows パソコン上で実行可能なソフトウェアである。風土イメージのシミュレーションは、この既開発ソフトウェアの改良として開発を進める。そのために、その概要をまず示す。

図-3(1)に、このソフトウェアによる実行手順を示す。まず、“Petri.exe”を立ち上げ、メニューのファイルから当該の Sdata を開く。ちなみに、図-3(2)は、本ソフトウェアの基本的なメニュー構成を示したものである。

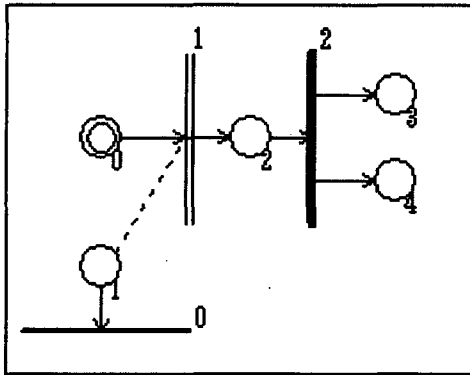


図-4 ソフトウェアでのネット図表示

表-2 図-4の Ndata ファイル

PLACE absolute position x, y			
0	59	75	
1	67	130	
2	144	75	
3	227	51	
4	227	99	
TRAN absolute position x,y angle			
0	66	171	0
1	107	75	90
2	179	75	90

Sdata を開くと、図-3(3)に示すように、画面上でのネットモデル構築を支援する作業画面になる。構築者は、図形配置のウインドウにリストされたプレースないしはトランジションを選択し、画面上に次々と配置していただくだけでよい。プレースとトランジション間の入出力や抑止関係のアーチは、上述した Sdata を参照して自動描画されるようになっている。また、各要素の配置位置は、画面上でのマウスによるクリックとドラッグによって自由に変更することも可能となっている。

構築されたネットは、シミュレーション実行時の視覚的な出力画面となる。図-4 は、前出の図-2(1)をこのソフトウェアで作画したネット図である。この画面は、図-3(2)のメニューの”図形番号”と”図形の設定”を使用し、表示させたもので、前述した生成・選択トランジション(GT・ST)は、二重線と太線で視覚的に表示されてきている。

このネット図の視覚化座標データは、表-2 に示すような Ndata ファイルと呼ばれる形式で自動生成され、保存される。この機能は、Sdata 上でパラメータを変更し、視覚型のシミュレーション実行を繰り返すに際しても、また、ネットモデルを漸進的に構築していくに際しても重要となるものである。

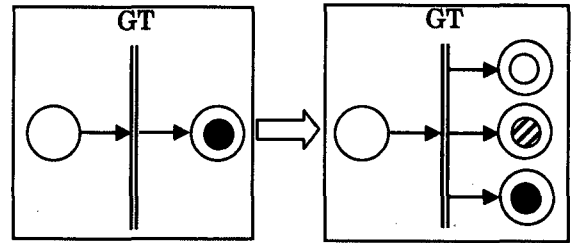


図-5 生成トランジションの拡張化

### 3. 動的彩色型ペトリネットシミュレータへの改良 3-1 改良項目

わが国の風土イメージの表現化には、多種多様な植生の四季推移に伴う多種多様な状態推移の記述が求められる。トランジションの発火則は、前述したように単純明解なもので、全てのネットに共通する。そのために、ペトリネットの駆動系は汎用性を持つ。さらに、ネットの共通構造化は、ネット間の結合化を可能とし、ある事象の生起が他の事象の前提条件やあるいは抑止条件を構成するという形で、より複雑な相互に関連し合う風土系の記述にも十分に対応し得るものである。しかし、風土イメージ表現の実用シミュレータとしては、既開発のソフトウェアでは十分とは言えず、その概説で示した潜在的な表現力を、形状面と彩色面で強化し、さらに、ネット駆動により刻まれる風土イメージのリズムを実時間と対応させる工夫が必要となる。まず、時間進行については、ペトリネットでは最早生起事象時刻が探索され、その時刻に時計を進める可変時間増分法となり、事象生起による画面の推移は、例えば季節タイムを実時間に設定していても、実時間間隔とはならない。この問題は、一定時間間隔で事象を発生させる Visual C++の SetTime メンバー関数を割り込み処理させることで解決できる。この選択的実行を、図-3(2)のシミュレーションのサブメニューに加える。以下では、表現力の強化面について述べる。

a) 彩色性の強化: 植生は、同一の季でも木々によって、また同一の樹木でも部位や場所によって色に差異がある。2-1 で記述力の強化として、カラートークンの生成トランジション GT の使用に触れた。これは、図-5 の左方ネットに示すように、設定されたカラー属性をその確率に応じて生成し、1 個のカラートークンを出力するというものであった。これに対して、図-5 の右方ネットに示すように、このトラン

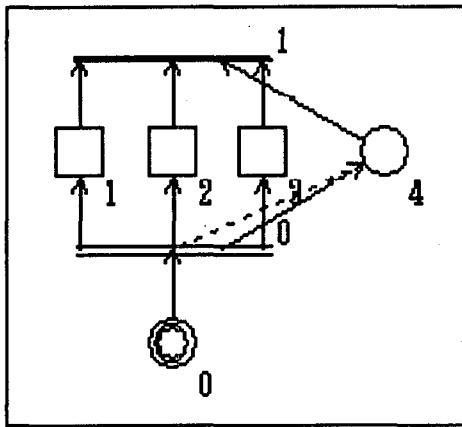


図-6 (1) プレース形状の拡張化ネット

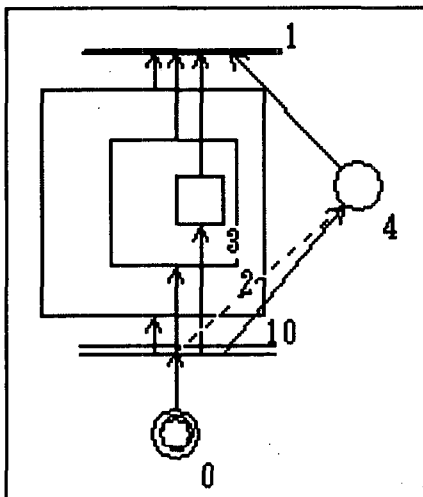


図-6(2)プレース形状の拡張化ネットの操作性

ジションに複数の出力プレースを配置し、GT に設定したカラー属性をその比率に応じて生成し、複数のカラートークンが出力されるように拡張化した。また、彩色するカラーを実物色に設定する機能も付加した。これらの拡張化によって、GT の使用数を節約し、かつ木々また部位や場所による彩色のリアリティと多様性を持たせることが可能となる。

b) **プレース形状の多様化:** 論理的な構造分析を主とするペトリネットでは、プレースは条件や状態の成立性を指定する場所に過ぎない。風土イメージの表現体としてのペトリネットでは、プレースにはそれ以上に植生の花や葉を表現する道具性が求められる。そのために、プレースの形状を、図-1～図-5 で使用している通常形の“○”に加えて、図-6(1)に示すように、“□”の使用も可能となるように拡張する。さらに、遠景や近景の表現や、植生の複雑性の表現のために、この“□”については、構築画面上でのマウスによるクリックとドラッグ操作で、サイズも容易に変更できる機能を付加した。また、“□”の形状プレ

表-3 図-6 の Sdata ファイル

```

PLACE 5
-1 -1 0 0 //p0 発生プレース
-1 -1 0 2 99 //p1□プレース
-1 -1 0 2 99 //p2□プレース
-1 -1 0 2 99 //p3□プレース
0 -1 3 0 0 //p4 タイマー
end
TRAN 2
0 -1 1 2 3 4 -1 1 0 //t0 生成トランジション
1 2 3 4 -1 -1 0 0 //t1
end
TOKEN 10
0 -1
-2
GENE 1
0 10 0.01
-1
generatetransZ 1
0 1 33 2 33 3 34 //3 色発生
    
```

表-4 図-6 (2) の Ndata ファイル

PLACE	absolute position x,	y	radius
0	112	214	12
1	99	101	49
2	110	98	31
3	122	97	12
4	193	89	12
TRAN	absolute position x,y	angle	
0	119	170	0
1	121	28	0

ース上にカラートークンが出力されると、その全面がトークンカラーで彩色化され、より鮮やかな彩色化を図る工夫をした。

図-6(2)は、図-6(1)のネットに、マウスによるクリックとドラッグ操作によるサイズと配置の変更を加えて作成したもので、3つの“□”のプレースを重ね合わせている。この操作は、“□”のプレースの重ね合わせ部を表現形とし、その彩色が、プレース 4 に設定されたタイマを周期とし、トランジション 0 で確率生成されるカラーで変化するモデル化といえよう。

c) **ネットの視覚性の維持化:** 上述したように、このネット図では、“□”の重ね合わせ部が植生の表現部で、他の部分はその部分の四季変化に伴う発彩機構のモデル部となっていると考えることができる。この機構の記述部を細密にしようとするればするほど、この部分のネットは複雑化し、煩雑性が増し、ネット表現の長所とした視覚性が損なわれる事態となる。多様化、詳細化を追求しつつ、表現ネットの視覚性

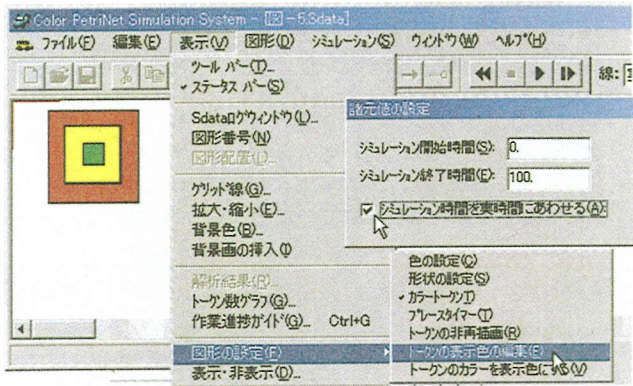


図-7(1)ペトリネットシミュレータの拡張後メニュー

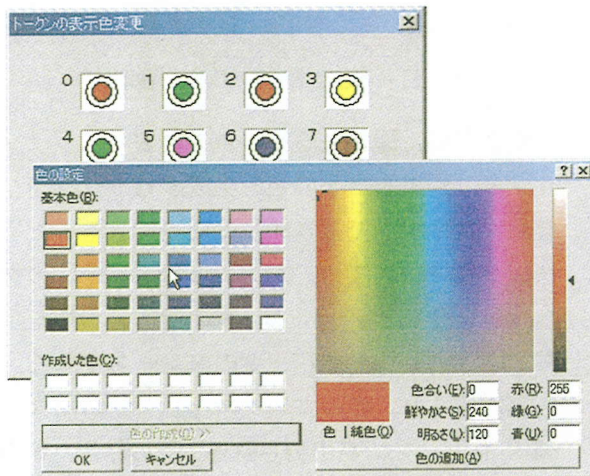


図-7 (2) 実彩色化の支援画面

を維持するためには、それらの記述部は最終的な表現ネット図では表示しないという選択性の付与が必要となる。このことは、既開発のメニュー(図-3(2)参照)にもある「表示・非表示」によって可能となる。  
 d) 背景画像の取り入れ: 以上の3点に加え、実用化上の工夫として、地域の山並み等の形状を背景画像として取り込み、その上に植生のプレースを配置する形でネットモデルの構築を進める形式の採用が望ましい。そのことにより、地域の風土イメージに形態的に近いイメージペトリネットが作成可能となる。

### 3-2 Sdata の拡張化と実行画面

上で主要な改良点を述べた。まず、プレースの形状の多様化に伴って、Sdata ファイルの形式の拡張化が必要となる。表-3 は、図-6(1)の□の形状を含むネットに対応する Sdata である。2-1 の表-1 に示した形式に対して、PLACE と TRAN の項の書式を拡張し、表示に関する特定化を追加している。即ち、PLACE の項では、(カラー種類)の後に、(表示・非表

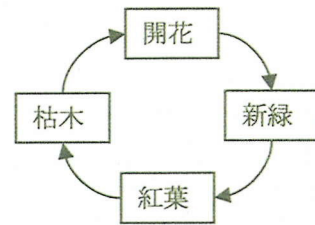


図-8 (1) 桜の四季の概略サイクル

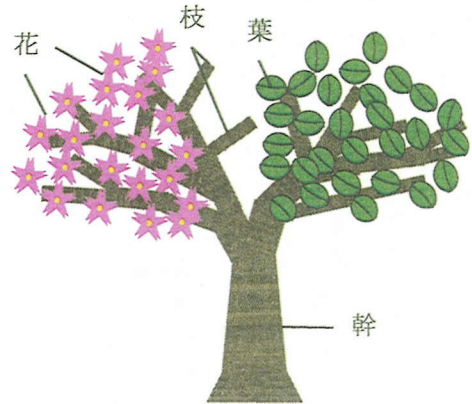


図-8 (2) 桜の形態

示)(型)を追加している。この例では、p0 と p4 は非表示(0)で、p1~p3 は、カラー表示(2)で、プレースの型は"□"(99)というネット表現が可能となる設定がされている。また、generatetranZ の項では、設定可能カラー数を拡張化している。この例では、3個の設定となっているが、最大10個まで、カラー種類は標準で16個、拡張型では300個となっている。

図-7 (1) に、拡張した動的彩色型ペトリネットシミュレータの基本メニューを示す。3-1 の a) で述べた実彩色化は、“図形の設定”のサブメニューの“トークンの表示色の編集”で可能で、図-7(2)がその支援画面である。d) で述べた“背景画像の挿入”も“表示”のサブメニューに用意している。これについては、4-2 の適用事例のところでも触れる。

図-7(1)は、表-3 の Sdata ファイルによる 図-6(2) の実行画面でもあり、3個の重ね合わされた“□”の形状プレースのみが表示され、それらへの彩色出力図が示されている。この彩色は、p4 に設定したタイマ3秒を周期として変化する。この実時間実行は、“シミュレーション”のサブメニューの“組み込んだ”実時間”にチェックを入れることで可能となる。また、このネット図の Ndata ファイルが表-4 である。これについても、プレースサイズの変更機能の追加に伴って、サイズデータが最後の欄に出力される形式に

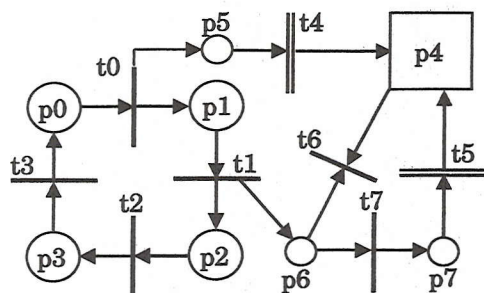


図-9 花/葉プレースの四季拡張ネット

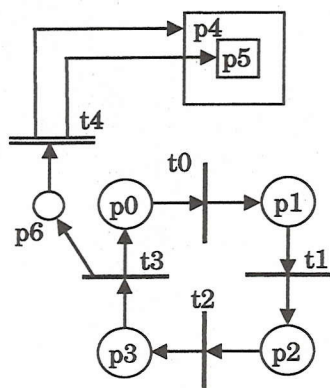


図-10 落葉表現の原理

拡張化してある。この例では、p1 が 49 で、p2 が 31 で、p3 が 12 となっている。

#### 4. 風土イメージネットの構築への適用事例

##### 4-1 桜の木のペトリネット表現

桜はわが国を代表する花木の一つである。まず、桜単体の四季変化を取り上げて、3.で提案した動的彩色型ペトリネットシミュレータによるネット表現化の技法について検討する。

桜は、枯木の状態から開花状態を迎え、葉桜・新緑期を経て紅葉し、やがて落葉して枯木状態に戻るという図-8(1)に示すような概略サイクルを繰り返す。また、桜は、この間に晴天や曇天の日、あるいは雨や雪の日を迎え、また、朝・昼・夜の光の中で見え方を変える。

形態的には、図-8(2)に示すように、幹があり、幹から枝が張り出し、枝に花-葉がつくという姿を持つ。まず、幹と花-葉については、3-1で述べた“□”の形状プレースを利用して構成し、枝については“|”のトランジションの表示を利用して表現する。

幹のプレースの色は変化しないが、花-葉のプレースについては、上述のように季の推移によってその色彩や形状に変化が生じる。この変化は、図-9に

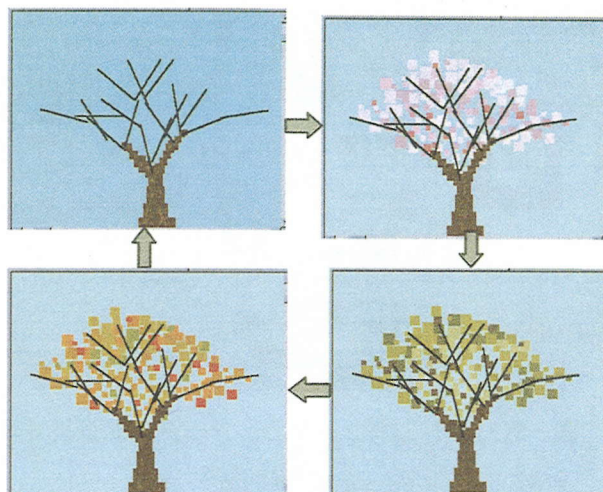


図-11 桜木ネットの実行画面

示すように、過ぎ去る季の色を消去するトランジションと、到来した季の色を生成するトランジションを用いたネットでは基本的には記述できる。

図-9のネットでは、左方の4つの“○”のプレース、p0~p3が、冬・春・夏・秋の四季の状態を示し、右方の“□”、p4が花-葉のプレースである。冬から春に移ると、春のプレース p1 と同時にプレース p5 にもトークンが出力される。その結果、春の色を生成する t4 が発火し、花-葉のプレースの“□”に春色を彩色する。t1 が発火して、春から夏に移ると、p2 と p6 にトークンが出力され、t6 と t7 が発火する。その結果、“□”から春色を消去され、t5 の発火によって夏色が“□”に彩色されるというネットである。この消去トランジション t6 は、上述の枝を表現するトランジションとして表示・使用する。夏から秋への推移も同様にして付加することができる。

秋から冬への移行では、紅葉が落下し、枯木状態になる。この表現ネットは、天候や時間帯による変化する背景色プレースを導入した図-10に示す原理で構築できる。即ち、花-葉プレースと背景色プレースへの彩色を常に同色に制御すれば、3-1のb)で述べたように、“□”へは全面に彩色されるために、花-葉プレースの“□” p5 は同色に彩色された背景色プレース p4 の中に消えることになり、桜のネットは幹と枝のみの枯木状態に見える。

図-9と図-10を基礎に、桜のイメージネットを開発した。まず、枝を桜らしい形状表現にするために複数化し、花-葉のプレースを群化させ、さらに、群内での花-葉のプレース“□”のサイズを多様化

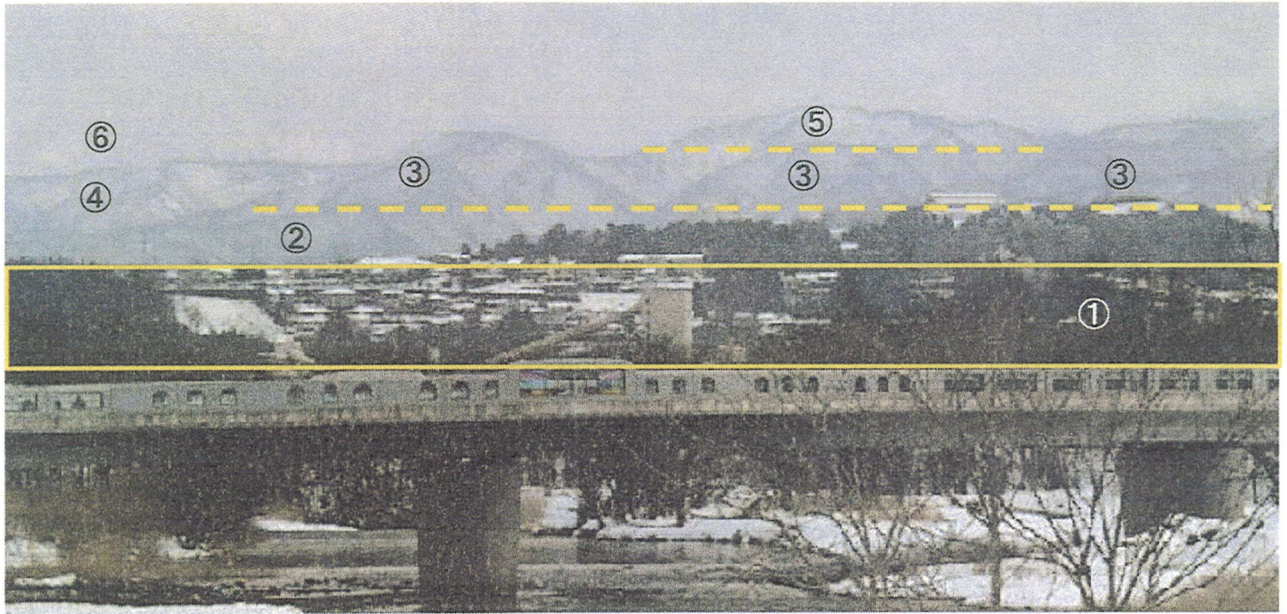


図-12 (1) 山並の背景画像の取り込みと山塊化

させた。ちなみに、図-11に示すネットでは、18本の枝に、135の花-葉プレースを配置し、桜の木の形状表現を試みている。

色彩面では、各季での出現色を調査し、RGB値との関係で色番を定義しておき、各季の色彩生成トランジションに、出現主色を中心に複数個の色番とその比率を設定するという方法をとっている。生成トランジションで出力される色彩は、各トランジションが持つ乱数初期値にも規定される。今回は、色彩の多様化と複雑化の演出のために、各季に3種類の色彩生成トランジションを組み入れている。幹のプレースへの色彩は、固定色とし、季に関係無い専用トランジションからの出力トークンによってなされる。また、背景色としては、朝・昼・夜のそれぞれに、晴天と曇天を想定した6色を設定している。

図-11は、図-8(1)の季の推移に合わせて表示している。今回は桜単体のイメージネットではあるが、裸木から開花への推移には、形状の違いを伴う面白さと、開花に伴う桜の姿の華やかなイメージが感じられる。開花から葉桜への推移は色彩のみの変化となっており、それはそれで桜木のイメージを形成しているだろう。もちろんここで設定した季の数や色彩、枝や花-葉の数、生成トランジションの数等は試行例である。本シミュレータの長所は、作成ネットの駆動出力画面を見た上で、そのデフォルメや詳細化や複雑化がプログラムの変更なしに即実行でき

るところにある。このネットの改良可能点については最後の章でまとめる。

#### 4-2 山並の水平目線の風土イメージネットの構築

日本人の風土イメージのもう一つの原型は山だとされる。本節では、山並の風土イメージの中に橋梁を置いた水平目線からの風土イメージネットの開発を試みる。

この場合、山並の形状は、当該地域の形でネットモデル内にも保持されていることが望ましい。そこで、3-1のd)で述べたように、まず、当該地域のデジタル画像を背景画像として取り込み、その上にプレースを配置して行くという手順をとる。具体的には、図-12(1)に示す画像を取り込み、山並を遠近で①から⑥までの山塊グループに分割し、ネット表現していく。

各山塊には当然大量の樹木が存在する。一方、取り扱えるプレースとトランジションの数には当然制約がある。従って、前景の樹木は別にして、山塊の各樹木を、4-1で示した桜木の次元のネットで表現することは困難であり、また効果的でもない。むしろ、一木ないしは樹木群を1つのプレースで表現する効果的な簡略化技法の採用が望ましい。特に、現ソフトウェアでは生成トランジションの使用数に最も強い制約がかかり、同じ表現性を持ち、かつ生成トランジション数が節約できる出力先プレースのランダム化ネット技法も重要となる。

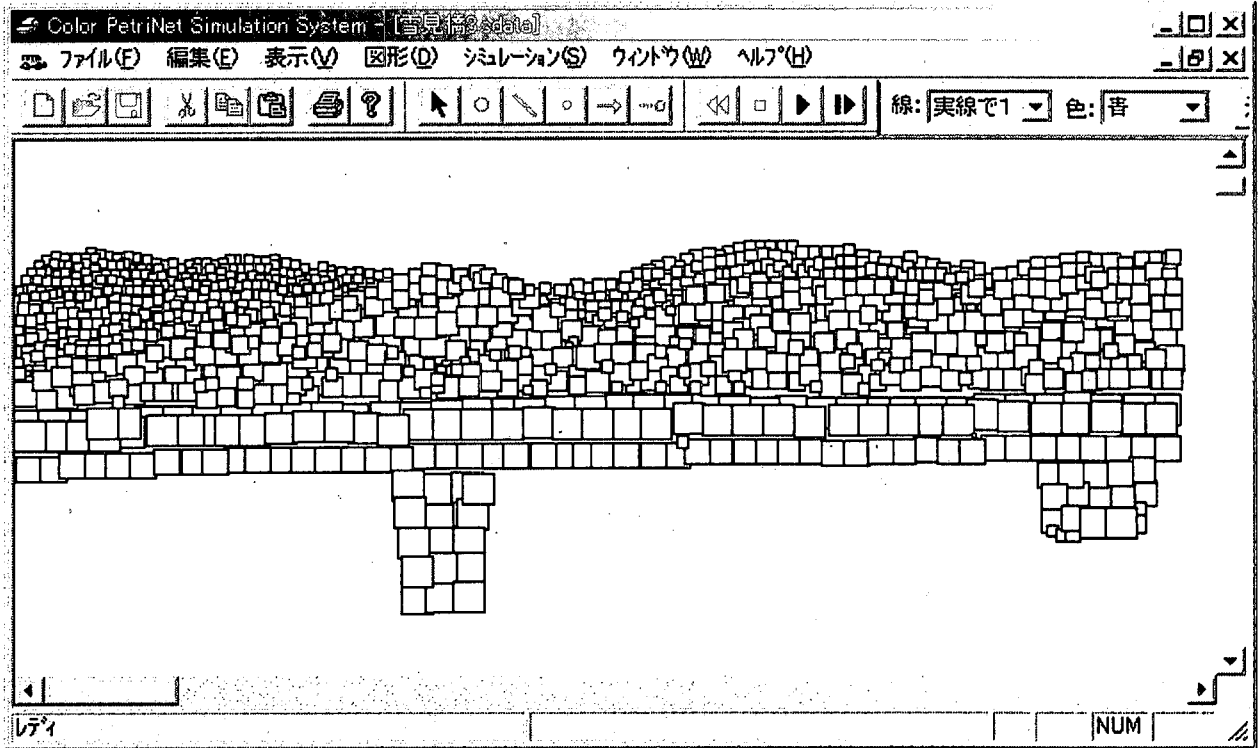


図-12 (2) 山並と橋梁の構築ネット

表-5 山並の構成要素数

対象	Place数	Trans数
①	179	26
②	251	38
③	80	14
④	180	26
⑤	75	14
⑥	180	26

山並らしさの表現には、遠山と近山との差異化の工夫が必要となる。これは、配置する“□”プレースのサイズを近山では大きめに、遠山になるほど小さめにする事で対処してみた。また、同じ山塊内でもプレースのサイズに差異を設けるという多様化・複雑化は、ここでも樹木の種類や地形を反映させる技法として必要となる。

最後に、山並ネットに橋梁の表示プレースを配置する。今回の例では、図-12(1)の画像に示されているように、橋梁の表面を“□”の形状プレースを配置することで比較的容易に表現できる。図-12(2)が、表示・非表示機能を使って示した構築ネットである。ちなみに今回作成したネットでは、図-12 (1) に示した①から⑥までの山塊グループそれぞれで使用した表示プレースとカラー生成トランジション数は、表-5に示すような分布となっている。ここにも山塊

グループを差異化する一方で山並のイメージを形成させる技法のヒントが隠されているようにも思う。

今回作成したネットでは、山並の状態推移の季は、半月を単位とし、1サイクルで24の彩色画像が出力されることになる。この事例の橋梁には、雪見橋という風土工学的ネーミングがなされている。図-13の実行画面では、遠山も近山も緑な状態から、遠山が紅葉し、やがて近山にまで紅葉が進み、遠山に雪が見られる状態への推移画面を示した。水平目線での山並と橋梁のイメージの表現化は、一応達成されているのではと考えている。

次に、土木構造物の色彩調和支援の一例として、仮想的に橋梁の色彩をレンガ色に変化させたネットを構築し、そのシミュレーション実行画面を図-14に示す。このネットは、図-13におけるネットの橋梁プレースに用いていた出力カラーを変更するのみという簡単な操作により行える。図-13と同じ季のものを平行して示してある。夏の生き生きとした緑には図-14のレンガ色が映えるし、逆に秋の紅葉時には図-13のコンクリート色が映えるようだ。評価は別にして、本システムでは、橋梁の色と山並との検討も容易に行えることが示せた。

前述のように、このネット開発では、背景画像上でプレースを配置して行くという作業手順をとった。

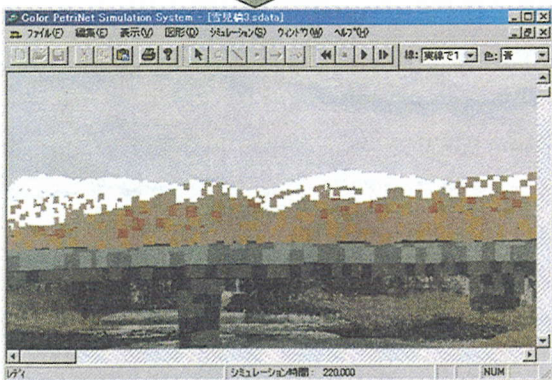
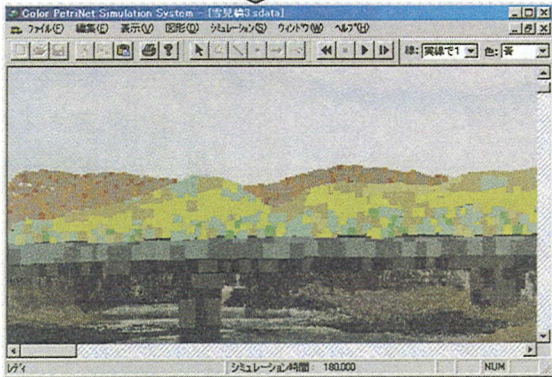
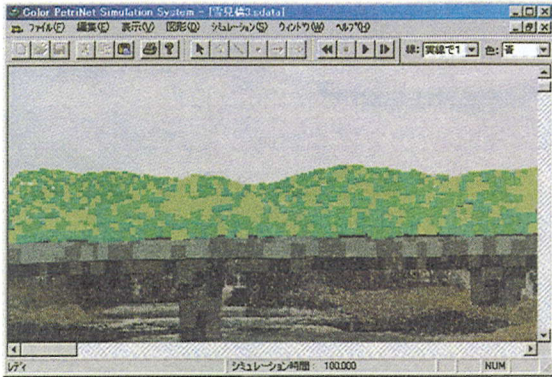


図-13 実行画面

背景面の図-12(1)と駆動出力図の図-13 とを比較すると、この作業中に近景の部分については“修景”までも行ってしまっていることに気づく。この修景作業を意識的なものに高めれば、提案システムは、この橋梁整備計画により広範囲な風土視点を提供し、当該橋梁のトータルイメージをより向上させる修景案を含むプロポーザル支援にも貢献するだろう。

### 5. あとがき

本研究では、社会基盤整備計画の長期性の視点として、風土イメージの形成性評価を提案し、四季推移の明確なわが国の風土の中に既往社会基盤を置き、そのイメージを動的彩色型ペトリネットシミュレ

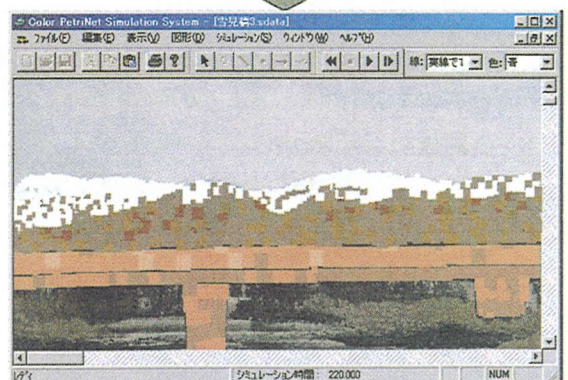
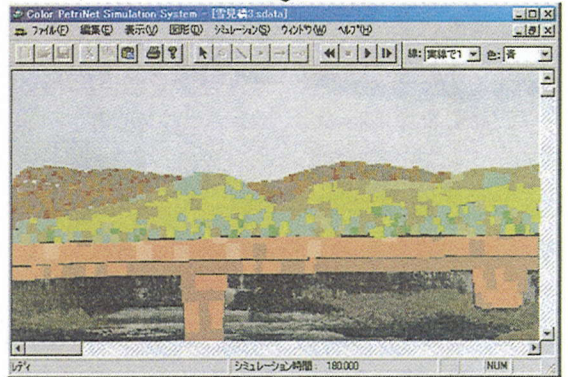
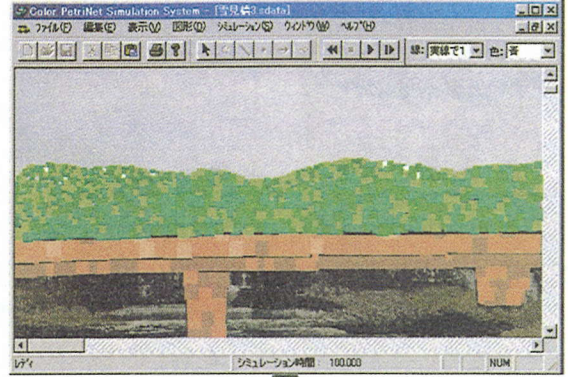


図-14 橋梁の色彩変化時の実行画面

タによって構築する方式を検討した。まず、シミュレータとしては、ペトリネットの長所を活用しつつ、形状面と彩色面における表現性を強化し、さらに複雑化するネットの視覚性保持のために表示・非表示機能を付加し、地形等の地域性反映のために背景画像を取込み、その上で逐次的にネット構築を進める等、実用的な特徴を備えたものが開発できた。

風土イメージネットの開発では、桜木のネットでは、四季推移基本記述と桜木の形状イメージの表現化を試み、枯木から開花に伴う華やかさや、幹一枝一花一葉の具象性と複雑性の表現化に一応の成果を得た。山並と橋梁の水平目線ネットでは、背景画像の取り込みで地域の山並の形状の保持を図り、遠山と近山

の樹木群を“□”のプレースとそのサイズ差等で表現する簡略化技法を試み、山並らしさのネット表現化に一応の成果を得た。そして、本方式の特徴が、このような風土記述の内生化と、その結果の視覚シミュレーション実行への直結性にあることを示した。また、橋梁のネットを構築し、配置することで、形状やカラーの代替案の検討や、周辺環境の修景計画の支援など、本方式の最終的な利用形態の姿と展開性を示唆することもできたと考えている。

社会基盤整備計画を地域風土イメージの形成性という長期性の視点から評価するという提案を実現するには、まだまだ多くの課題が残されている。一つは、本論文で作成した風土イメージネットの改良と発展化である。桜木のネットでは、複数樹木による桜並木化や花-葉の複数プレース化に加え、桜木の鳥瞰図化や他の樹木ネットの開発がある。山並ネットでは、これらの樹木ネットを組み込む複雑化や、落葉樹と常緑樹の差異化や霧の演出等が考えられる。これらの精緻化・複雑化を支えるソフトウェア面の改良として、現状の数的な制約の緩和と、プレースの形状のさらなる多様化が必要と考えている。また、風土に特有のある種のリズムとの関連での、創生イメージの評価法も課題である。

最後に、本論文では長期性の視点といいながら、本風土イメージネットでの記述は年サイクルに留まっている。これをいかにして10年、20年に伸ばすかが最大の課題である。エイゼンシュテインは、「ショットはモンタージュの要素ではない。モンタージュの細胞であり、胚珠である」と述べたが、この課題では、変化する要素ネットから成長する部分ネットへという工夫が必要になり、この工夫にも取り組みたいと思っている。

#### 「付録：用語」

- 1) ペトリネット: C.A.Petri が提案したプレースとトランジションの2種類のノードを持つ有向グラフ形式のシステムの記述と解析手法。
- 2) プレース: 状態, 条件, 信号等を示すもの。トークンの配置によってその成立性や存在性を示す。
- 3) トランジション: 事象, 処理, 変換等に該当する。
- 4) 発火: トランジションの生起, 発生。それに伴ってシステムの遷移が起きる。
- 5) マーキング: プレースへのトークンの配置。

## 6. 参考文献

- 1) 小林潔司:費用対効果分析の理念と限界, 土木学会誌, 84-2,pp.25~28,1999.
- 2) 篠原修:社会資本を創る人の情熱とシステムの問題, 土木学会誌, 84-8,pp.22~23,1999.
- 3) 特集:土木遺産は世紀を超える, 土木学会誌, 85-6,pp.5~57,2000.
- 4) 竹林征三, 野村康彦: 地域整備計画におけるデザインプロセスと風土工学的アプローチに関する考察, 土木計画学研究・講演集, No.18(2), pp.317~320,1995.
- 5) 竹林征三, 野村康彦, 他: 風土工学にもとづく地域整備の基本コンセプト創出に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.19(2),pp.87~90,1996.
- 6) 竹林征三:「風土工学序説」, 技報堂出版,1997.
- 7) システム科学研究所:風土分析を用いた都市高速道路のイメージ調査報告書,1995.
- 8) 中村良夫: 研ぎすませ風景感覚-2, 国土の詩学, 儀暴動出版,1999.
- 9) Kurt Jensen: Colored Petri Nets, Vol.1~3, Springer,1997.
- 10) 村田忠夫: ペトリネットの解析と応用, 近代科学社, 1992.
- 11) 木俣 昇, 岸野啓一, 白水靖郎: 交通流ペトリネットシミュレータの実用化システムの開発, 土木情報システム論文集, Vol.9,pp.31~40,2000.
- 12) 末末良一,山田宏尚: 画像処理工学, コロナ社, 2000.
- 13) E.Teicholz, B.J.L.Berry; Computer Graphics and Environmental Planning, Prentice-Hall, 1983.
- 14) ハラルド・キュッパース(澤田俊一訳): 色彩論の基本法則,中央口論美術出版,1997.
- 15) 日本色彩学会編:新編色彩科学ハンドブック[第2編], 東京大学出版会,1999.