

生涯学習ネットワークの可能性についての 理論的検討

—ペトリネットによるモデル分析—

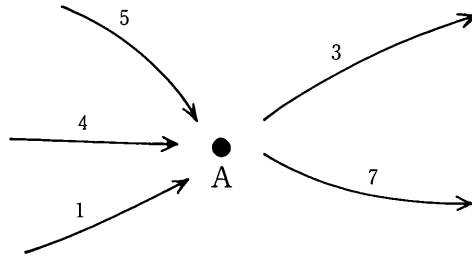
手 打 明 敏

I. 生涯学習ネットワークの意義と課題

生涯学習は、学習者の自発的意思に基づき学習者の責任において手段・方法を自由に選択して生涯を通じて学習をおこなうことである。それゆえ、生涯学習の振興にあたっては、学習者の多様な要求に応じることのできる学習支援の体制を構築することが求められる。生涯学習支援の方策としては、いろいろなことが考えられるが、その一つとして学習機会・場所について学習者が必要とした場合に、ムダなく適切に提供できる生涯学習ネットワークシステムの構築がある。山本恒夫は、生涯学習援助システム構築にあたって、ネットワーク化が生涯学習推進上の大きな課題のひとつになっていることを指摘している。⁽¹⁾ 事実、国および地方自治体が生涯学習政策として、情報ネットワーク、施設ネットワーク、事業ネットワークなどを計画し、実施している。

生涯学習ネットワークが、生涯学習関係の学習機会・場所とそれらの間の資源・活動面での交流を可能とする結合関係の全体⁽²⁾であるとする、多種類の学習機会・場所がネットワークを構成し、そこに多様な学習資源・活動が交流することになる。ここに、ネットワーク構築にあたって解決しなければならない問題が存在する。それは、グラフ理論でいうところの「流れ（フロー）の保存則」の問題としてみることができる。図1に示したように、ネットワークのそれぞれの線を通して流れる何らかの流量に目を向けると、ある点(A)への総流入量（ $5 + 4 + 1$ ）と総流出量（ $3 + 7$ ）が等しい場合にネットワークはうまく機能するが、等しくなければ（総流入量 $>$ 総流出量）うまく機能しないことになる。それ故、ネットワークをつくる場合には、それぞれの点の総流入量と総流出量がうまくバランスを保てるようにしなければならないが、そこに問題があるということになる。というのは、生涯学習ネットワークを構成する学習機会・場所（グラフ上の点）の間を流れる資源・活動は、情報、人材、施設、

図1 流れ(フロー)の保存則



$$\text{総流入量} (5 + 4 + 1 = 10) = \text{総流出量} (3 + 7 = 10)$$

事業、教材・器材などさまざまである。そのため流入量と流出量の入出計算をしようとする場合、何らかの換算基準が必要となってくるが、それをどのように定めるかがむずかしいのである。

実際にネットワークを構築する際には、学習機会・場所を提供する生涯学習関係機関・施設間で、相互に資源・活動の交流 (give and take) がおこなわれることになる。その際に、ある特定の機関・施設のみが資源・活動の交流において「入量」超過となったり、逆に「出量」超過の関係になっていると、ネットワーク全体としてバランスがとれていないことになる。その結果、資源・活動の供給よりも提供する方が多い(「出量」超過)機関・施設は、ネットワークに加入したメリットが少ないと感じるようになり、ネットワークを維持しようとする「意欲」がうすれていき、ひいてはネットワークからの脱退ということにつながる事が予想される。

このようにネットワークに流れ(フロー)のアンバランスが生じた場合、ネットワークの流れ(フロー; 資源・活動)が同種であれば流れの入出計算が比較的容易にできるので、ネットワークのどこに問題があるかを発見し、改良することが可能である。しかし、流れが異種の場合には、何らかの換算基準が定められないかぎり流れの入出計算ができないため、アンバランスの是正がむずかしいのである。

ネットワーク化にあたっては、このような問題が存在するので、山本恒夫はネットワーク構築にあたって、つぎのように段階的におこなうことを提唱している⁽³⁾。

- ・第1段階……点(学習機会・場所)が同種類で流れ(資源・活動)も同種類のネットワークの構築
- ・第2段階……点は異種類だが、流れは同種類のネットワークの構築
- ・第3段階……点は同種類だが、流れが異種類のネットワークの構築
- ・第4段階……点も流れも異種類のネットワークの構築

生涯学習ネットワークの理論的研究についても、流れが同種類である第1段階・第2段階

について、筆者らは流れの保存則が成立するようにネットワークモデルを改良する方法の開発をおこなってきた⁽⁴⁾。

しかし、生涯学習ネットワークといった場合には、究極的には第3段階・第4段階のネットワークの構築に向かうことになるのであるから、理論的研究においても、異種の流れをもつネットワークのバランスをどう図っていくかという問題の解決を旨さなければならないであろう。そのためには、ネットワークを構築しながら、経験を蓄積し、妥当な換算基準をつくり、検討を通して一般的な基準をつくっていくという地道な研究が必要であろう。そうしたネットワーク構築の手がかりを提供するために、理論的なモデルを提示することもネットワーク研究を前進させていく上で不可欠であるといえよう。小論では、ペトリネット理論を用いて、生涯学習ネットワークモデルをつくり、改良をくわえ、ネットワークの可能性について検討することにした。

II. ペトリネット理論

ペトリネットは、ペトリ (C. A. Petri) が1962年に提唱してから急速に発展したシステム解析理論で、互いに関連しあう同時進行的な要素からなるシステムをモデル化することを目的として作られたものである⁽⁵⁾。そのモデル解析から、システムの構造とその動的な挙動についての情報を得ることによって、システムを評価し改良することができるのである。

こうしたペトリネットの特徴から、多くのシステム、とくに独立した要素からなるシステムはペトリネットを用いてモデル化できる。たとえば、計算機ハードウェア、計算機ソフトウェア、物理的システム、社会システムなどがある。ペトリネットはシステムにおけるさまざまな事象の生起および動作を記述するモデルとして用いられる。とくに、システムのなかにおける情報およびその他の資源の流通をモデル化することができるのである⁽⁶⁾。

小論では、ペトリネットを用いて生涯学習ネットワークのモデル化をおこなうが、その前にペトリネットの構造とペトリネットグラフ、そしてペトリネットの解析方法について説明することにしよう(ここでの説明は、注5に記入したJ.L.ピータースン『ペトリネット入門』を参照した。以下同書からの引用はページ数のみを記した)。

(1) ペトリネット構造とペトリネットグラフ

ペトリネット構造 C とは4項組、 $C = (P, T, I, O)$ である。P, T, I, O はペトリネットを構成する要素である。

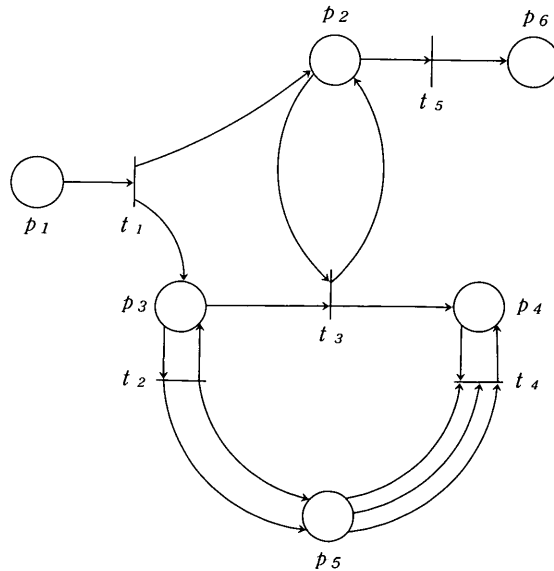
- ・P はプレース (Place—場所, 拠点) の集合である。
- ・T はトランジション (transition—推移, 展開) の集合である。

- I は入力関数 (input function) である。
- O は出力関数 (output function) である。

入力関数 (I) と出力関数 (O) は、トランジション (T) とプレース (P) を関係づけるものである。すなわち、入力関数 (I) は、あるトランジション t_j (T の任意の元を t_j , $j=1, 2, 3, \dots, m$ であらわす) を、そのトランジションの入力プレースと呼ばれるプレースの集合 $I(t_j)$ に対応づけるものである。また、出力関数 (O) は、あるトランジション t_j を、そのトランジションの出力プレースと呼ばれるプレースの集合 $O(t_j)$ に対応づけるものである (p. 8~9)。

以上はペトリネットの形式論的な説明であるが、ペトリネット理論の諸概念は、ペトリネット構造と対応したペトリネットグラフを用いることによって、よりわかりやすく説明することができる。たとえば、図 2 のようなペトリネットグラフが与えられたとしよう。この図の丸“○”と棒“|”は、ペトリネットのプレースとトランジションをあらわしている。図中の丸はプレースをあらわすので丸のことをプレースと呼び、棒はトランジションをあらわすので棒のことをトランジションと呼ぶ。プレースとトランジションはアーク(図中の“→”)によって結合されている。プレース p_i (P の任意の元を p_i , $i=1, 2, 3 \dots n$ であらわす) からトランジション t_j へ向かうアークは、 p_i が t_j への入力プレースであることを意味し、トランジション t_j からプレース p_i へ向かうアークは、 p_i が t_j の出力プレースであることを意味している。図中のプレース p_1 はトランジション t_1 の入力プレースであり、プレース p_2 はトランジ

図 2 ペトリネットグラフ (p.12)



ション t_1 の出力プレースである。

図中のプレース p_5 にはトランジション t_2 からアークが2本入っており、また p_5 から t_4 へは3本のアークが出ている。このことは、ペトリネットは1つのノードから他のノードへ多重のアークを許していることをあらわしている。また、アークは向きをもっており、かつグラフのノードはプレースとトランジションという2つの集合に分けられ、アークのそれぞれは一方の集合の元から他の集合の元に向かっていて、ペトリネットグラフは2部有向多重グラフである。すなわち、ペトリネットグラフはペトリネット構造を2部有向多重グラフとして表現したものである。図2は、下記のペトリネット構造をあらわしているともみることができる (p. 9)。

$$C = (P, T, I, O)$$

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6\}$$

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$$

$$I(t_1) = \{p_1\}$$

$$O(t_1) = \{p_2, p_3\}$$

$$I(t_2) = \{p_3\}$$

$$O(t_2) = \{p_3, p_5, p_5\}$$

$$I(t_3) = \{p_2, p_3\}$$

$$O(t_3) = \{p_2, p_4\}$$

$$I(t_4) = \{p_4, p_5, p_5, p_5\}$$

$$O(t_4) = \{p_4\}$$

$$I(t_5) = \{p_2\}$$

$$O(t_5) = \{p_6\}$$

ペトリネットは、システムをモデル化し解析することによって、システムの動的な挙動についての情報が得られるところに特徴がある。それは、プレースにトークン (token) を割り当て、トークンの動態を解析することによっておこなわれる。トークンはプレースに存在すると考えられるものである⁽⁷⁾。

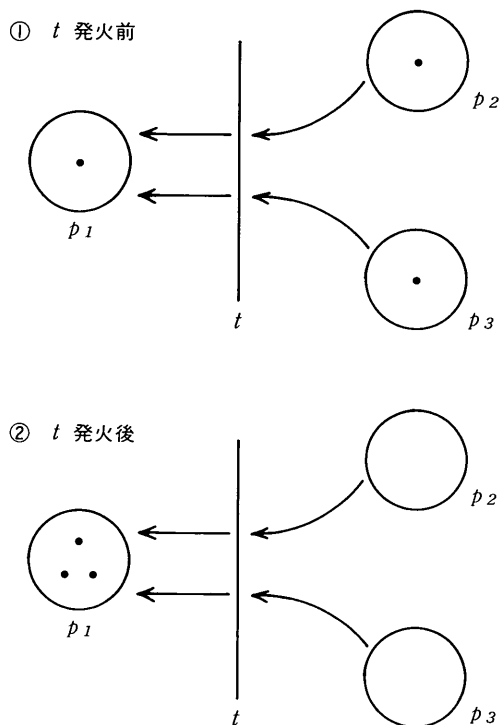
ペトリネットのプレースにトークンを割り当てることをマーキング μ という。ペトリネット構造 $C = (P, T, I, O)$ にマーキング μ をおこなったものがマークペトリネット $M(C, \mu)$ であり、 $M = (P, T, I, O, \mu)$ と書かれることが多い。ペトリネットグラフでは、トークンをプレースをあらわす丸の中に点“ \cdot ”であらわしている。プレース p_i に存在するトークンの数は $\mu(p_i)$ で表現される (p.16)。

以上がペトリネット構造とペトリネットグラフの基本的な概念である。つぎに、システムの動的な挙動を表わす操作、つまりペトリネットの実行規則について説明することにしたい。

(2) ペトリネットの実行規則

ペトリネットの実行とは、トランジションを発火させることである。それは、ペトリネットのなかのトークンの数と分布によって制御されている。トランジションの発火にともなって、その入力プレースからトークンが取り去られるとともに、新しいトークンが生成され出

図3 ペトリネットの実行



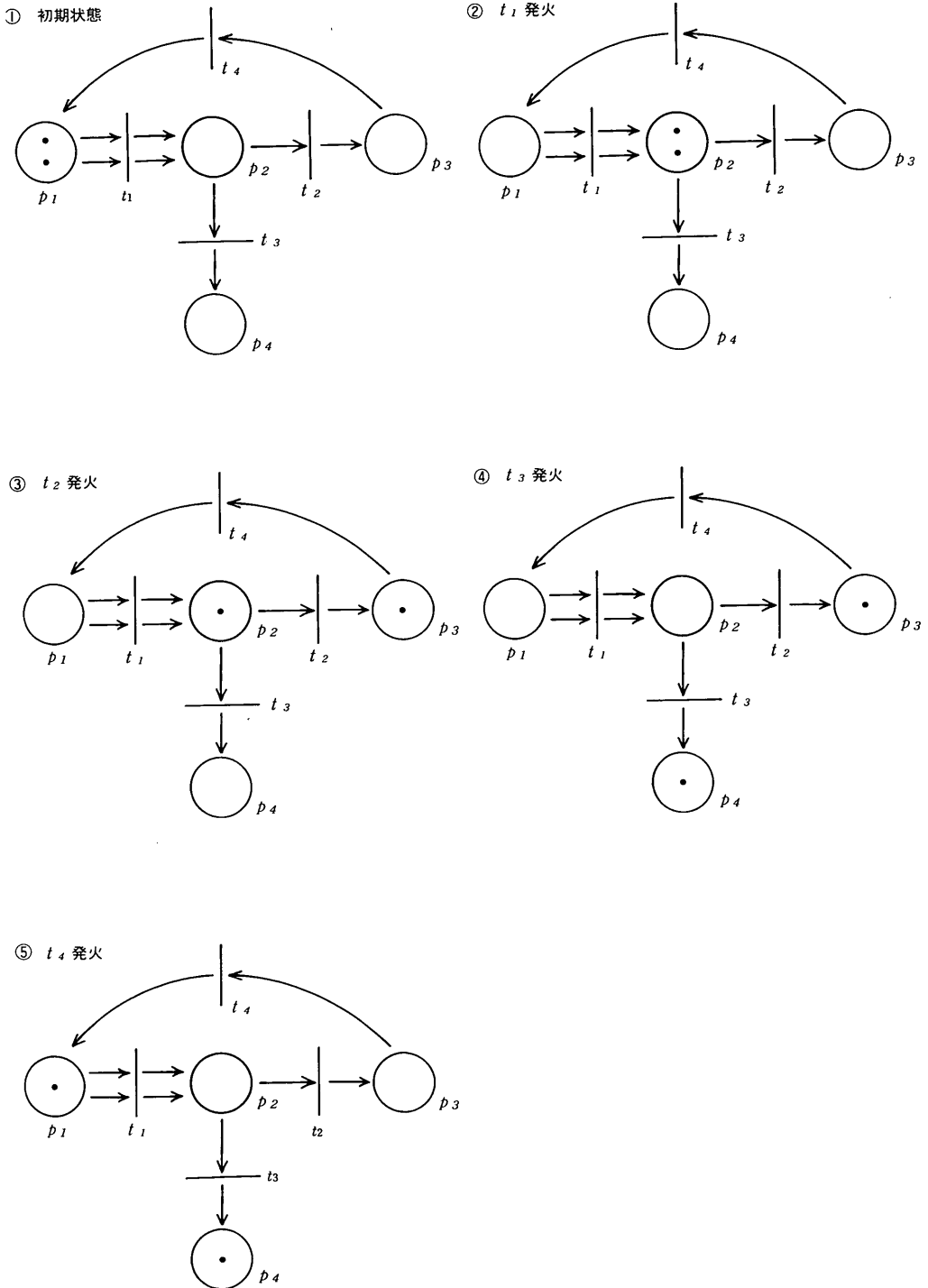
カブレースに分配される (図3)。

ペトリネットの発火は次の実行規則に従っている (p.18~22)。

- 1) トランジションは、発火可能 (enable) であるときに限って発火できる。
- 2) あるトランジション (t_j) への入力プレース (p_i) のそれぞれが、トランジションへのアーク数、 $\#(p_i, I(t_j))_{(0)}$ 以上のトークン ($\mu(p_i) \geq \#(p_i, I(t_j))$) をもっているとき発火可能となる。
- 3) トランジション (t_j) の発火により、入力プレース (p_i) からトランジションへのアーク数、 $\#(p_i, I(t_j))$ だけのトークンが取り去られ、トランジションから出力プレース (p_i) へのアーク数、 $\#(p_i, O(t_j))$ だけのトークンが投入される。
- 4) 一般にトランジションが発火すると、マーキング μ は、
$$\mu'(p_i) = \mu(p_i) - \#(p_i, I(t_j)) + \#(p_i, O(t_j))$$
で定まる新しいマーキング μ' に変化する。
- 5) 発火可能なトランジションが存在しなくなった時、実行は停止 (halt) する。

図4は、ペトリネットの実行に従ってマーキングがどのように変化するかを、ペトリネット

図4 ペトリネットの実行とマーキングの変化



トグラフにあらわしたものである。

(3) ペトリネットの解析

① ペトリネットにおける保存性

ペトリネットにおける保存性(conservation)とは、ネットにおけるトークンの総数が一定であることをいう(p.82)。すなわち、初期マーキング μ をもつペトリネットは、実行規則に従って得られる新しいマーキング μ' のすべてにおいて、入力総数と出力総数が等しいとき($\sum_{p_i \in P} \mu'(p_i) = \sum_{p_i \in P} \mu(p_i)$)、強保存的であるという。しかし、ペトリネットが常に強保存的であるとは限らない。その場合、ペトリネットは保存的になるように修正されなければならない。保存的なペトリネットにするために通常とられる修正方法には、次の2つのやり方がある。

(1) プレースに重み(w_i , 整数又は有理数)をつけて

$$\sum_i w_i \cdot \mu'(p_i) = \sum_i w_i \cdot \mu(p_i)$$

とする⁽⁹⁾

(2) アークを修正する。

たとえば、図5のペトリネットグラフは、トランジション $t_1 \rightarrow t_3 \rightarrow t_2 \rightarrow t_4$ の発火に対応してトークン数に増減がみられないので、強保存的である。しかし、図6のペトリネットグラフは t_1 または t_2 の発火に対応してトークンは1つずつ減少し、 t_3 または t_4 の発火に対応してトークンは1つずつ増加するので保存的ではない。この場合、プレースに重みづけをおこなうことによって、保存性を保つことが可能となることがある。図6では、 p_1, p_2, p_5 に重み1、 p_3 と p_4 に重み2をつけることによって保存的なネットにすることができる。

また、図5は図6のペトリネットグラフで t_1 から p_3 と t_2 から p_4 へ向かう出力アークをそれぞれ1本ずつ増し、かつ p_3 から t_3 と p_4 から t_4 へ向かう入力アークをそれぞれ1本ずつ増やす修正をほどこして作成された強保存的なペトリネットグラフであるとみることもできる。

② 可達木(reachability tree)による保存性の解析

ペトリネットが保存的か否かを効率的に判定する方法として可達木の作成がある。可達木はペトリネットの可達集合⁽¹⁰⁾を表現するものである。

例として、図6のペトリネットの可達木(図7)を考えてみることにしよう。

このペトリネットの初期マーキングは、 p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 に割り当てられているトークン数(1, 1, 0, 0, 1)であらわされる。この初期マーキングのもとで、 t_1 と t_2 の2つのトランジションが発火可能である。この2つのトランジションを発火させた結果えられる可達なマーキングを次のように表示する。発火したトランジションをラベル付けしたアークで、初期マーキングから新しいマーキングのそれぞれ、(0, 1, 1, 0, 0)と(1, 0, 0,

図5 強保存的なペトリネット (p. 83)

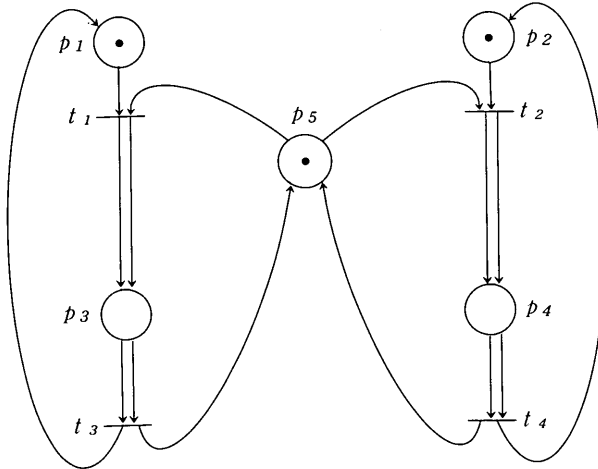
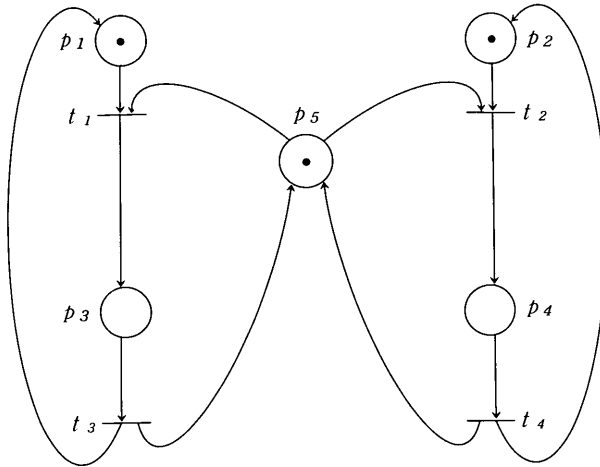


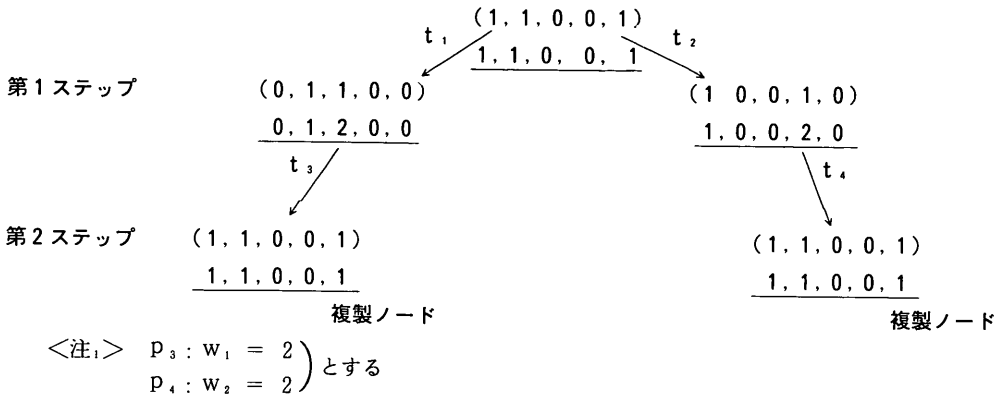
図6 保存的でないペトリネット (p. 82)



1, 0) を結んだものが第1ステップで、初期マーキングから直接可達なすべてのマーキングを示している。

つぎに、第1ステップのマーキングから可達なすべてのマーキングを考える。マーキング $(0, 1, 1, 0, 0)$ で発火可能なトランジションは t_3 のみで、 t_3 を発火させると $(1, 1, 0, 0, 1)$ に到達する。もう1つのマーキング $(1, 0, 0, 1, 0)$ で発火可能なトランジションは t_4 のみで、 t_4 を発火させると $(1, 1, 0, 0, 1)$ に到達する。この2つが第2ステップのマーキングで、第1ステップから直接可達なすべてのマーキングである。

図7 ペトリネット(図6)の可達木



第2ステップで生成されたマーキング(1, 1, 0, 0, 1)は、実は初期マーキングと同じであることがわかる。このように、すでに出てきたものと同じマーキングを複製ノード(duplicate nodes)という(p.93)。複製ノードが出てきた場合は、その子孫は考える必要はない。なぜならば、最初にあらわれたマーキングのくり返しになるだけだからである。それ故、図の可達木は第2ステップで停止される。

図7の可達木を作成したのは、図6のペトリネットグラフで表わされたペトリネットが保存的か否かを判定することであった。この可達木で、初期トークン数は「3」であるが、第1ステップでのトークン数は「2」となり、第2ステップでは再び「3」となっている。このように、各ステップごとでトークン数に増減がみられるので、図6のペトリネットは、このままでは保存的ではないことがわかる。そこで、 p_3 と p_4 に重み「2」をつけると、各ステップのマーキングの下にアンダーラインをつけてあらわしたマーキングがえられる。この重みづけ後のマーキングでは、各ステップにおいてトークン数は「3」で一定している。重みづけをすることによって、このペトリネットは保存的なネットに修正されたのである。

可達木作成のアルゴリズム

図7では、複製ノードが生成されたことによって第3ステップ以降の可達木作成の必要がないことが判明した。このように、可達木作成にあたってはいくつかのきまりがあるので、その点について説明することにしよう。

複製ノード以外に、マーキングが停止される場合がある。それは、発火可能なトランジションが存在しないマーキングが生成されたときである。この不活性なマーキングは終端ノード(terminal nodes)といわれる。この他、可達木作成上用いられるノードとして、実行開

始から停止までのアルゴリズムで処理されたノード（終端，複製以外の途中のノード）である内部ノードと，各ステップで導入される新しいマーキングである先端ノード（frontier nodes）⁽¹¹⁾がある（p.93）。

また，可達木が無数のサイクルとならないようにするための制限として，トークンの無限数は ω であらわされる。ループなどによりマーキングが無数にくり返されたり，トークンが無数に増える場合を ω であらわすのである。 ω は任意の一定値 a に対して，つぎのように定義される（p.94）。

$$\omega + a = \omega$$

$$\omega - a = \omega$$

$$a < \omega$$

$$\omega \leq \omega$$

これまでの可達木作成についての説明をまとめれば，可達木作成のアルゴリズムはつぎのように整理することができる（p.94～95）。

- 1) x を処理すべき先端ノードとする。
- 2) 他のノード y が木の中にあり，それが先端ノードでなくてマーキングが同じならば， x は複製ノードである。
- 3) マーキング $\mu(x)$ で発火可能なトランジションが存在しなければ， x は終端ノードである。
- 4) x について発火可能なトランジションは発火により新しいマーキング z を生成する。
この新しいノードに対応するマーキング $\mu(z)$ は，それぞれのプレース p_i について
 - i) x の p_i が ω であれば z の p_i も ω である。
 - ii) 最初の先端ノードから x にいたるまでの間の p_i のトークンが増えたり，ループとなっていれば z の p_i は ω である。
 - iii) それ以外の場合は，トランジションにより z に投入されたトークン数をその p_i のトークンとする。
- 5) 可達木のノード x からノード z に線を引き， x を内部ノードとして定義し直し， z を新たな先端ノードとする。
- 6) 先端ノードとした z について 2) ～ 5) を行い，以下すべてが終端，複製，内部ノードのいずれかに分類されるまで繰り返す。

これまで説明してきたペトリネット構造とペトリネットグラフおよび可達木を用いれば，生涯学習ネットワークのモデルを構築し，それについて理論的検討をおこない，改良点を明らかにすることができる。すでに指摘したように，生涯学習ネットワークの目指す方向は交流資源が異種のネットワークである。しかし，交流資源が異種の場合，流れ（フロー）の出入計

算の換算基準をつくるのがむずかしいという問題がある。この問題を解決するには相互交流 (give and take) をあまり厳密にとらえず大まかにとらえ、ネットワーク構築の可能性をさぐる方がよいと思われる。このような点から、トークンという抽象的を概念を用いて、流れ (フロー) の保存性をとらえようとするペトリネットの考え方は、異種の流れをもつ生涯学習ネットワークを検討する上で有効な方法であると思われる。

III. K市の生涯学習ネットワークモデルの検討

ここでは、K市の生涯学習関係機関・施設の連携・協力関係のデータ⁽¹²⁾をもとに、生涯学習ネットワークのモデル構築とその検討をおこなうことにしたい。

検討に際して、K市のすべての生涯学習関係機関・施設の連携・協力を取り上げようとするとデータが膨大となり、連携・協力の局面も複雑となる。小論の課題は、ネットワークモデルを構築し、その問題点を発見し改良を検討するところにある。そのための研究手順として、現状をすべて取り出して検討するのではなく、必要な要素を取り出して検討する作業を積み重ねながら、実態により近似したモデルを構築していくことの方が研究の効率が高いと思われる。ここでは、K市の生涯学習関係機関・施設のうち、他の機関・施設との間で会場提供と事業提供をおこなっている事業のみを取り上げ、検討をおこなうことにしたい。なお、公共機関・施設間の生涯学習ネットワーク化の検討にあたっては、金銭の授受を含めて検討すべきところであるが、今回は分析を単純化するため除外してある。

表1は、K市の生涯学習関係機関・施設の連携・協力関係を示したものである。この表は、主催機関・施設が開催場所の欄にあげてある施設から会場提供をうけて事業を実施していることをあらわしている。I～VIにあげた主催機関・施設ごとに連携・協力の関係を説明することにしよう。

- I) 社会教育総合センターが主催する成人学校のうち、料理教室は専修学校が担当して、社会教育総合センターを会場として実施している (社会教育総合センターから専修学校への会場提供)。その一方で、社会教育総合センターは主催する成人学校のプログラムを増加させている (専修学校から社会教育総合センターへの事業提供)。
- II) 中央図書館が主催する「紙芝居とゲームの実技講習会」は、社会教育総合センターを会場として実施されている (社会教育総合センターから中央図書館への会場提供)。
- III) 教育委員会社会教育課が主催する。①平成2年度PTA指導者講座、②T先生のすくすく子育て相談、③乳幼児家庭教育セミナーは、いずれも社会教育総合センターを会場として実施されている (社会教育総合センターから社会教育課への会場提供)。
- IV) 文化観光局文化課が主催する「市民美術アトリエ春期教室」は、市立美術館、市立会館

表1 K市生涯学習関係機関・施設の連携・協力関係表

主催機関・施設	開催場所	事業名・テーマ
I) ①社会教育総合センター ②専修学校	社会教育総合センター	料理教室（成人学校）
II) 中央図書館	社会教育総合センター	紙芝居とゲームの実技講習会
III) 教育委員会社会教育課	社会教育総合センター	①平成2年度PTA指導者講座 ②T先生のすくすく子育て相談 ③乳幼児家庭教育セミナー
IV) 文化観光局文化課	市立美術館 市立会館	市立美術アトリエ春期教室
V) 民生局福祉部障害福祉課 民生局聴覚言語障害センター	Kライトハウス 市立身体障害者福祉会館	K市点訳奉仕員養成講座 K市要約筆記ボランティア養成講座
VI) K府警	F中央図書館	交通安全教室

を会場として実施されている（市立美術館，市立会館から文化観光局文化課への会場提供）。

V) 民生局福祉部障害福祉課が主催する「K市点訳奉仕員養成講座」と聴覚言語障害センターが主催する「K市要約筆記ボランティア養成講座」は，それぞれKライトハウス，K市身体障害者福祉会館で実施されている（KライトハウスとK市身体障害者福祉会館から障害福祉課と聴覚言語障害センターへの会場提供）。

VI) K府警が主催する交通安全教室は，中央図書館を会場として実施される（中央図書館からK府警への会場提供）。

表2は，表1の連携・協力関係をペトリネットの概念を使って表わしたものである。この表では，機関・施設をプレースPであらわしている。すなわち社会教育課 p_1 ，生涯学習関連行政部局 p_2 ，中央図書館 p_4 ，社会教育総合センター p_3 ，市立美術館 p_5 ，市立会館 p_6 ，障害者施設 p_7 ，専修学校 p_8 である。また，事業提供および会場提供がおこなわれている状況をトランジション(T)であらわしている。そして，プレースとトランジションとの関係が入力であるか出力であるかによって，機関・施設を入力プレースと出力プレースに分けている。たとえば，表2の(I)-①は，社会教育総合センター p_3 が専修学校 p_8 へ会場提供していることを示している。この場合，「会場」という資源（トークン）が p_3 から p_8 へ流れると考える⁽¹³⁾。このトークンのやりとりからみると，トランジション t_1 への入力プレースは p_3 であり， t_1 からの

出力プレースは p_8 である。同様に、表2の(1)–②は、専修学校 p_8 から社会教育総合センター p_3 への事業提供を示している。この場合、 t_1 への入力プレースは p_8 であり、 t_1 からの出力プレースは p_3 である。

表2 K市生涯学習関係機関・施設のペトリネット

〈tへの入力プレース〉	→	〈トランジョン(t)〉	→	〈tからの出力プレース〉
(1) ①社会教育総合センター (p_3) ②専修学校 (p_8)		t_1 { 会場提供 事業提供		専修学校 (p_8) 社会教育総合センター (p_3)
(2) 社会教育総合センター (p_3)		t_2 会場提供		社会教育課 (p_1) 中央図書館 (p_4)
(3) 中央図書館 (p_4) 市立美術館 (p_5) 市立会館 (p_6) 障害者施設 (p_7)		t_3 会場提供		生涯学習関連行政部局 (p_2)

【注】

1. 障害者施設にはKライトハウス、市立身体障害者福祉会館が含まれる。
2. 中央図書館にはF中央図書館も含まれる。
3. 生涯学習関連行政部局には文化観光局、民生局福祉部障害福祉課、民生局聴覚言語障害センター、K府警が含まれる。

表3は、初期トークン数をあらわしている。ここでは、初期条件をつぎのように定めている。機関・施設が会場提供または事業提供をおこなっている場合には、1つのトランジシヨ

表3 K市生涯学習関係機関・施設の初期トークン数

	事業提供	会場提供
(p_1) 社会教育課	0	0
(p_2) 生涯学習関連行政部局	0	0
(p_3) 社会教育総合センター	0	2
(p_4) 中央図書館	0	1
(p_5) 市立美術館	0	1
(p_6) 市立会館	0	1
(p_7) 障害者施設	0	1
(p_8) 専修学校	1	0

ンの中では、提供数にかかわらずトークン数を「1」として換算し、該当するプレースに割り当てることとする。トークンをこのように定めると、表2から、K市の生涯学習関係機関・施設 ($p_1 \sim p_8$) のトークン数は表3のように割り当てられることになる。

図8は、表2から作成したK市の生涯学習関係機関・施設の連携・協力のペトリネット構造である。このペトリネット構造をペトリネットグラフとして表わしたのが図9である。表2と図9の関係について説明しよう。

表2の(1)は、社会教育総合センター p_3 と専修学校 p_8 の間に、会場提供と事業提供という事象 (t_1) が生じていることを示している。この関係をグラフ上であらわすと、 p_3 と p_8 は t_1 を間にはさんで対面する位置に作図される。会場提供という事象は、 p_3 から t_1 へのアーク（入力アーク）と t_1 から p_8 へのアーク（出力アーク）に流れるトークンの移動によって表現される。他方、事業提供という事象は、 p_8 から t_1 へのアーク（入力アーク）と t_1 から p_3 へのアーク（出力アーク）に流れるトークンの移動によって表現される。

図8 K市生涯学習関係機関・施設のペトリネット構造

$$C = (P, T, I, O)$$

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8\}$$

$$T = \{t_1, t_2, t_3\}$$

$$I(t_1) = \{p_3, p_8\}$$

$$O(t_1) = \{p_3, p_8\}$$

$$I(t_2) = \{p_3, p_3\}$$

$$O(t_2) = \{p_1, p_4\}$$

$$I(t_3) = \{p_4, p_5, p_6, p_7\}$$

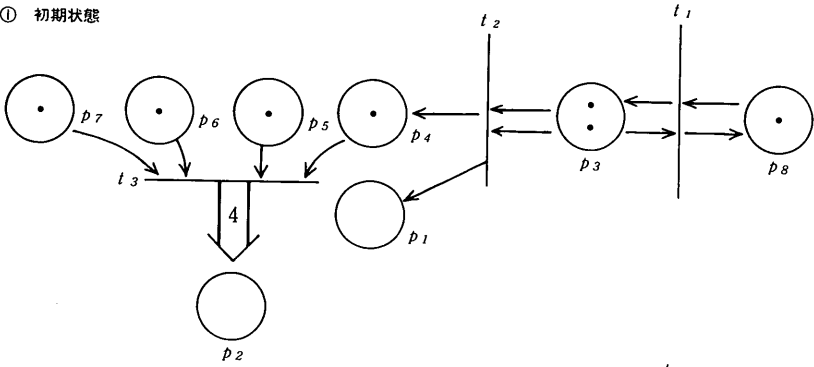
$$O(t_3) = \{p_2, p_2, p_2, p_2\}$$

表2の(2)の社会教育総合センター p_3 と社会教育課 p_1 と中央図書館 p_4 との間には、会場提供という事象 (t_2) が生じている。グラフ上では、 p_3 と p_1 , p_4 は t_2 を間にはさんで対面する位置に作図される。そして、 p_3 から p_1 と p_4 への会場提供という事象は、 p_3 から t_2 への二本のアーク（入力アーク）と t_2 から p_1 , p_4 へのそれぞれ1本ずつのアーク（出力アーク）に流れるトークンの移動によって表現される。表2の(3)の中央図書館 p_4 , 市立美術館 p_5 , 市立会館 p_6 , 障害者施設 p_7 と生涯学習関連行政部局 p_2 との間には会場提供という事象 (t_3) が生じている。グラフ上では、 p_4 , p_5 , p_6 , p_7 と p_2 は t_3 を間にはさんで対面する位置に作図される。そして、 p_4 , p_5 , p_6 , p_7 から p_2 への会場提供という事象は、 p_4 , p_5 , p_6 , p_7 から t_3 へそれぞれ1本ずつのアーク（入力アーク）と t_3 から p_2 への4本のアーク（出力アーク）を流れるトークンによって表現される。

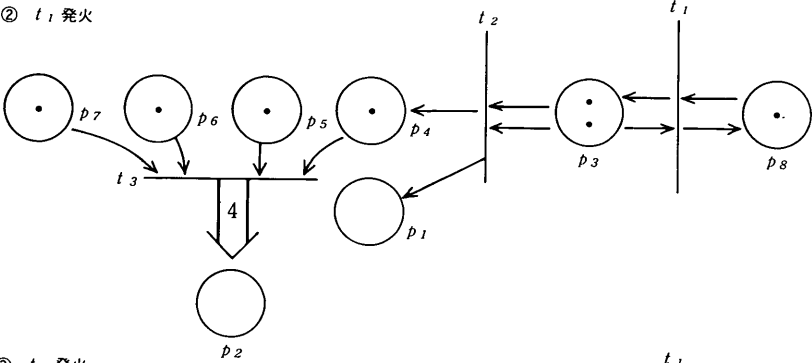
また、各プレース上のトークン数は、表3の初期トークン数から、 $p_1=0$, $p_2=0$, $p_3=2$, $p_4=1$, $p_5=1$, $p_6=1$, $p_7=1$, $p_8=1$ (0, 0, 2, 1, 1, 1, 1, 1) の数だ

図9 K市生涯学習関係機関・施設のペトリネットグラフ

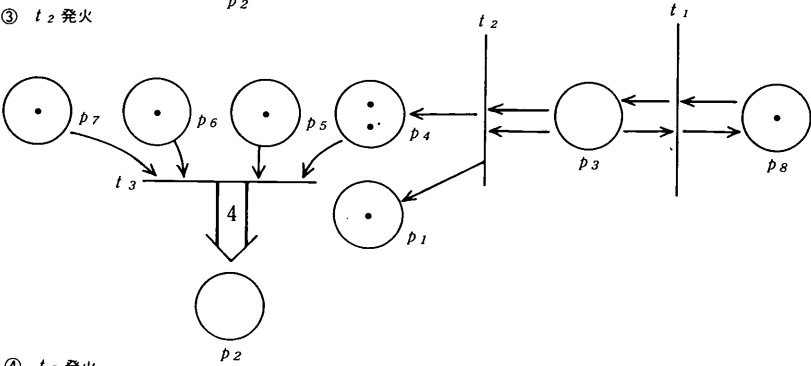
① 初期状態



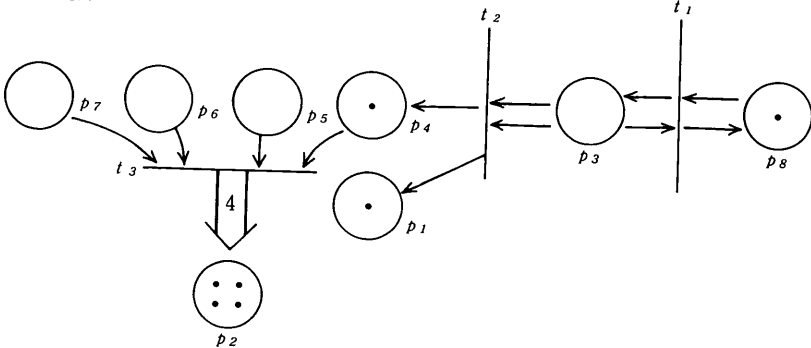
② t_1 発火



③ t_2 発火



④ t_3 発火



け、各ブレース上に“・”で表記される。

図9の初期状態(①)のペトリネットグラフにおいて、 t_1 、 t_2 、 t_3 はそれぞれ発火可能な状態にある。 t_1 、 t_2 、 t_3 を順次発火させて、トークンの動きを追うことによって、ペトリネットの動的挙動に関する情報を得ることができる。そこで、 t_1 、 t_2 、 t_3 の順で発火させてみることにしよう。

t_1 が発火するということは(図9-②)、専修学校 p_8 は、社会教育総合センター p_3 から会場提供を受けて料理教室を実施する状態をあらわす。その時のトークンの動きは、 p_3 のトークン1つが t_1 へ取り去られ、 t_1 から p_8 へトークンが1つ入るという動きになる。同時に、社会教育総合センター p_3 は専修学校 p_8 から料理教室の事業提供を受けているので、トークンは p_8 から1つ t_1 へ取り去られ、 t_1 から p_3 へ1つ入るという動きになる。結局、 t_1 の発火にともなう p_4 と p_5 のトークンの出入りは「出」と「入」が1つずつで増減なしで、初期状態のトークン数(0, 0, 2, 1, 1, 1, 1, 1)と変わらないことになる。

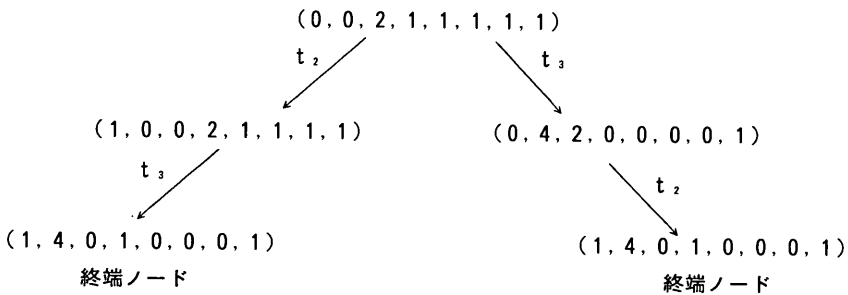
つぎに、 t_2 の発火についてみると(図9-③)、社会教育課 p_1 は社会教育総合センター p_3 から会場提供を受けて事業を実施しているので、トークンは、 p_3 から1つ t_2 へ取り去られ、 t_2 から p_1 へ1つ入る動きになる。また、同時に中央図書館 p_4 も、社会教育総合センター p_3 から会場提供を受けて事業を実施しているので、トークンは p_3 から1つ t_2 へ取り去られ、 t_2 から p_4 へ1つ入る動きになる。 t_2 発火後のトークン数は(1, 0, 0, 2, 1, 1, 1, 1)となる。

t_3 の発火によって(図9-④)、生涯学習関連行政部局 p_2 は、中央図書館 p_4 、市立美術館 p_5 、市立文化会館 p_6 、障害者施設 p_7 から会場提供を受けて事業を実施しているので、トークンは、 p_4 、 p_5 、 p_6 、 p_7 からそれぞれ1つずつ t_3 へ取り去られ、 t_3 から p_2 へ4つ入る動きになる。 t_3 発火後のトークン数は(1, 4, 0, 1, 0, 0, 0, 1)になる。この状態では、 t_1 、 t_2 、 t_3 のどれも発火できないので、これは終端ノードである。図9-②~④は、トランジション t_1 、 t_2 、 t_3 を順次ひとつずつ発火させた場合についてみたが、現実にはこれらの事象が並列的に生起することが考えられる。並列的に生起する事象を解析するには、可達木を作成する必要がある。

図10は、図9であらわしたペトリネットの可達木である。図10をみると、初期状態から t_2 → t_3 または t_3 → t_2 のいずれの発火系列においても、(1, 4, 0, 1, 0, 0, 0, 1)という終端ノードが生成される。このことは、現状のK市の生涯学習関係機関・施設の連携・協力関係をもとにネットワーク化を図ろうとしても、社会教育総合センターや市立美術館、市立会館、障害者施設は、資源(会場提供)の持ち出しが多く、反面、社会教育課や生涯学習関連行政部局は、施設利用面で「得をする」関係になっている。現状では、ネットワークの「保存性」がみられず、ネットワークを構成している機関・施設間での資源交換のバランスが

とれていない状態にある。そのため、このままの状態ではいずれネットワークが不活性におちいることが予想されるのである。このような状態をふせぐためには、K市の生涯学習関係機関・施設間で、資源交換のバランスがとれるようにネットワークを改良する必要があることになる。

図10 K市生涯学習関係機関・施設のペトリネットの可達木



※ t_1 が発火してもトークンの移動に変化はないので、 t_1 発火の可達木の作成はおこなわない。

① K市生涯学習ネットワークモデルの改良 - <その1> -

図11は、K市の生涯学習関係機関・施設のネットワークモデルが保存性を保つように、あらたにトランジション t_4 と t_5 を設定して改良したペトリネット構造である。図12は、そのペトリネットグラフである。あらたに設定したトランジション t_4 へは、社会教育課 p_1 から1本の入力アークが入っている。他方、 t_4 から社会教育総合センター p_3 へ1本の出力アークが出ている。また、トランジション t_5 へは、生涯学習関連行政部局 p_2 から4本の入力アークが入り、 t_5 から社会教育総合センター p_3 、市立美術館 p_5 、市立会館 p_6 、障害者施設 p_7 へそれぞれ

図11 K市生涯学習関係機関・施設のペトリネット構造 — 改良・その1 —

$$C = (P, T, I, O)$$

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8\}$$

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$$

$$I(t_1) = \{p_3, p_8\}$$

$$O(t_1) = \{p_3, p_8\}$$

$$I(t_2) = \{p_3, p_3\}$$

$$O(t_2) = \{p_1, p_4\}$$

$$I(t_3) = \{p_4, p_5, p_6, p_7\}$$

$$O(t_3) = \{p_2, p_2, p_2, p_2\}$$

$$I(t_4) = \{p_1\}$$

$$O(t_4) = \{p_3\}$$

$$I(t_5) = \{p_2, p_2, p_2, p_2\}$$

$$O(t_5) = \{p_3, p_5, p_6, p_7\}$$

1本ずつの出力アークが出ている。

このペトリネットの改良点の1つは、ネットワーク内にあらたな事象として、社会教育課 p_1 が、社会教育総合センター p_3 へ事業提供 (t_4) をおこなうようにしたことである。それは、たとえば社会教育課で実施していた事業を社会教育総合センターへ事業委託することであるとか、社会教育課が開発した事業プログラムを社会教育総合センターへ提供することなどが考えられる。

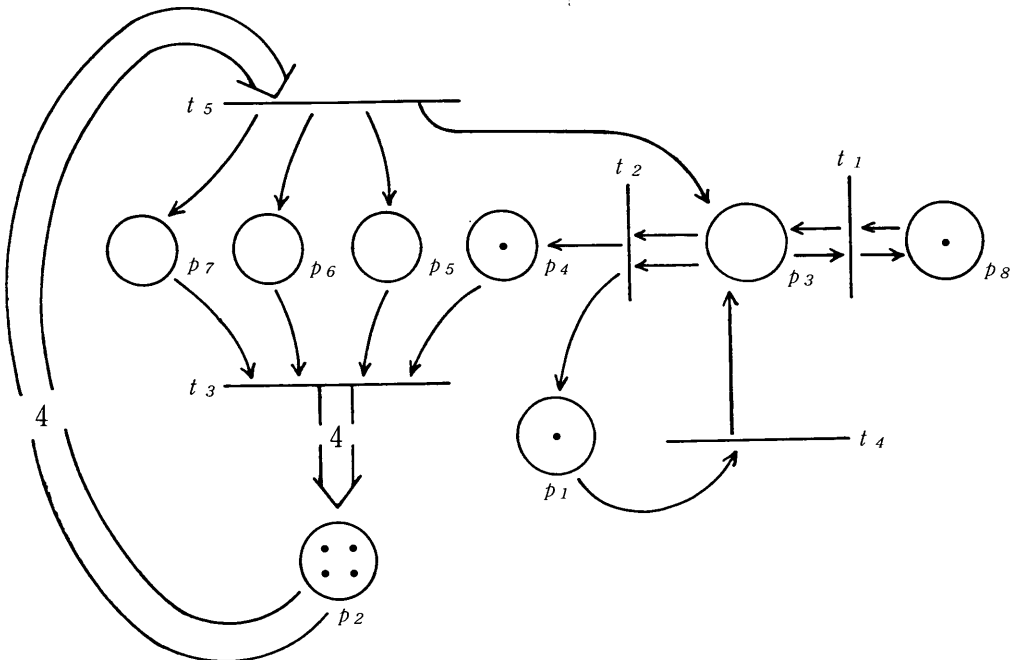
改良の2つ目は、生涯学習関連行政部局 p_2 から社会教育総合センター p_3 、市立美術館 p_5 、市立会館 p_6 、障害者施設 p_7 へ事業提供 (t_5) をおこなうようにしたことである。それは、たとえば生涯学習関連行政部局のもっている事業プログラムの委託や、事業実施のノウハウや人材の紹介などをおこなうことが考えられる。

この〈改良・その1〉のネットワークは、生涯学習関連行政部局がネットワークの中核的な機能を果しているので、「生涯学習関連行政部局中核的」ネットワークといえることができる。

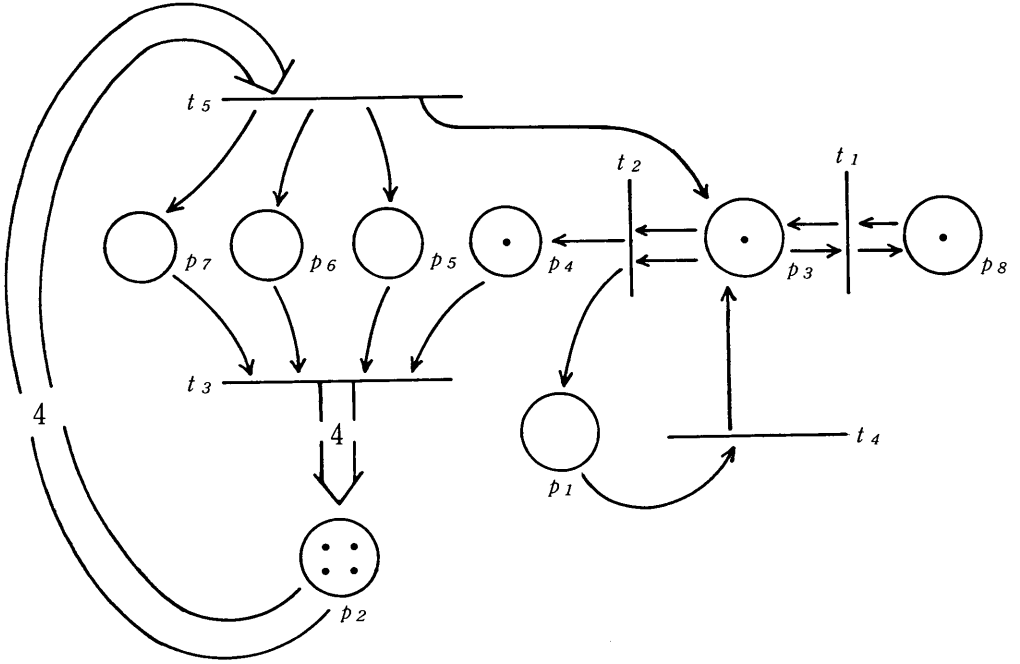
それでは、この改良されたペトリネットのトークンが、トランジションの発火にともなうどのような動きをするかをみてみよう。図12-①は、 t_3 発火後の状態をあらわしている(トランジション t_1 , t_2 , t_3 の発火は図9-②~④と同じである)ので、 t_4 と t_5 の発火についてみ

図12 K市生涯学習ネットワークモデル〈改良・その1〉のペトリネットグラフ

① t_3 発火後の状態



② t_4 発火



③ t_5 発火

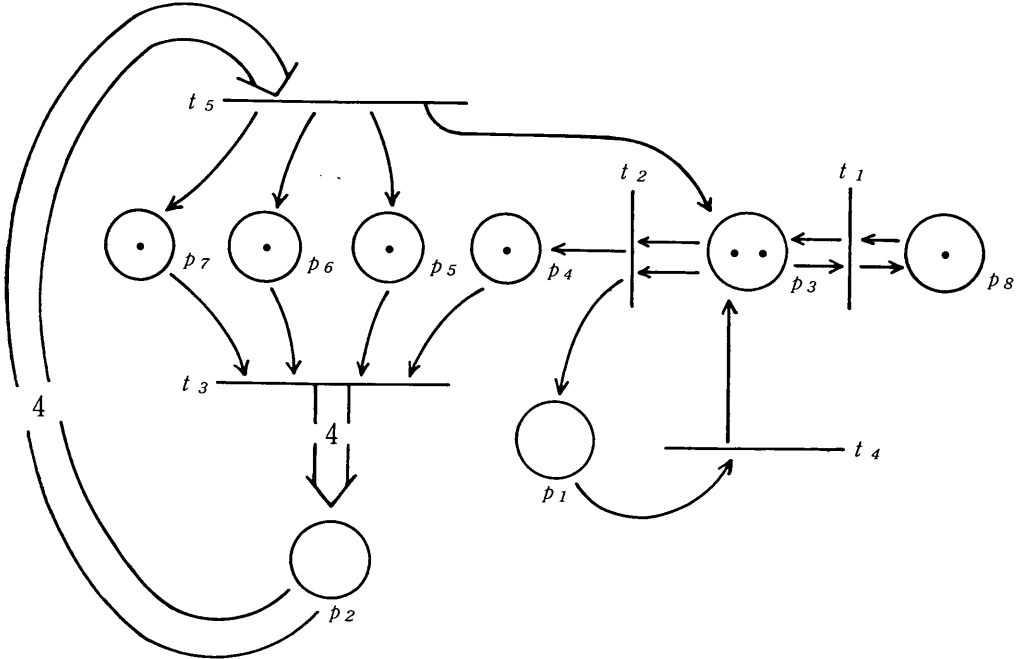
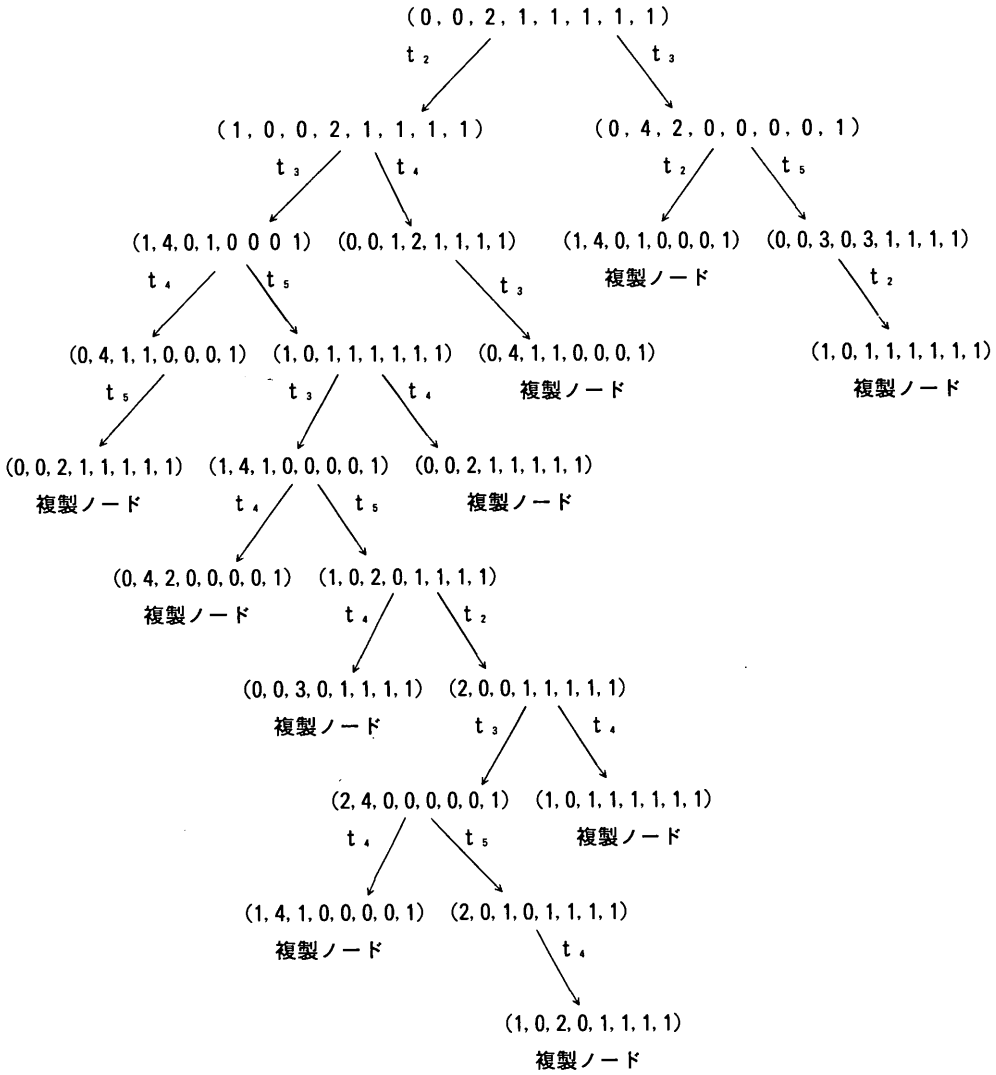


図13 K市生涯学習ネットワークモデル<改良・その1>の可達木



ることにしよう。

図12-②は、 t_4 が発火した状況をあらわしている。 t_4 の発火にともなって、社会教育課 p_1 から1つのトークンが t_4 へ取り去られ、他方、 t_4 から社会教育総合センターへ1つのトークンが入っている。その結果、 t_4 発火後のトークン数は $(0, 4, 1, 1, 0, 0, 0, 1)$ となる。

つぎに t_5 の発火がおこると(図12-③), 生涯学習関連行政部局 p_2 から t_5 へトークンが4つ取り去られ, 他方 t_5 から社会教育総合センター p_3 , 市立美術 p_5 , 市立会館 p_6 , 障害者施設 p_7 へトークンがそれぞれ1つずつ入る。その結果, t_5 発火後のトークン数は(0, 0, 2, 1, 1, 1, 1, 1)となる。これは初期トークン数(図9-①)と同じである。つまり, 図12のペトリネットは, $t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$ と発火させても, トークン数7に変化がみられないので強保存的な構造となっていることがわかる。

以上は, ペトリネットグラフ上でトランジション t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 を順次発火させた場合である。並列的に事象が生起する場合について, 可達木を作成して解析することにしよう。

図13は, 図11に示した改良されたペトリネットの可達木である。この可達木は, すべて複製ノードと内部ノードに分類されるので, この図の第9ステップで可達木作成は停止となる。この可達木では, どのステップにおいてもトークン数は7で一定している。すなわち, このペトリネットは強保存的な構造をもっていることが, 可達木の解析から明らかになるのである。

② K市生涯学習ネットワークモデルの改良 -〈その2〉-

図14は, K市の生涯学習関係機関・施設のネットワークの改良モデル〈その2〉のペトリネット構造である。図15は, そのペトリネットグラフである。この図は t_3 発火後の状態で, 初期状態は図9と同じトークン数の(0, 0, 2, 1, 1, 1, 1, 1)である。このペトリネットグラフでは, あらたに設定したトランジション t_4 へは, 生涯学習関連行政部局 p_2 から1本の入力アークを入れ, 他方, t_4 から社会教育課 p_1 へ4本の出力アークを出している。また, もう1つあらたに設定したトランジション t_5 へは, 社会教育課 p_1 から5本の入力アークを入れ, 他方, t_5 から社会教育総合センター p_3 へ2本と市立美術館 p_5 , 市立会館 p_6 , 障害者施設 p_7 へそれぞれ1本ずつ, 合計5本の出力アークを出している。なお, 図15では改良前のペトリネットグラフの社会教育課 p_1 の位置を修正して, t_4 を間にはさんで生涯学習関連行政部局 p_2 と対面する位置に作図してある。

図14 K市生涯学習関係機関・施設のペトリネット構造 — 改良・その2 —

$$C = (P, T, I, O)$$

$$P = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8\}$$

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$$

$$I(t_1) = \{P_3, P_8\}$$

$$O(t_1) = \{P_3, P_8\}$$

$$I(t_2) = \{P_3, P_3\}$$

$$O(t_2) = \{P_1, P_4\}$$

$$I(t_3) = \{P_4, P_5, P_6, P_7\}$$

$$O(t_3) = \{P_2\}$$

$$I(t_4) = \{P_2\} \quad w = 4$$

$$O(t_4) = \{P_1, P_1, P_1, P_1\}$$

$$I(t_5) = \{P_1, P_1, P_1, P_1, P_1\}$$

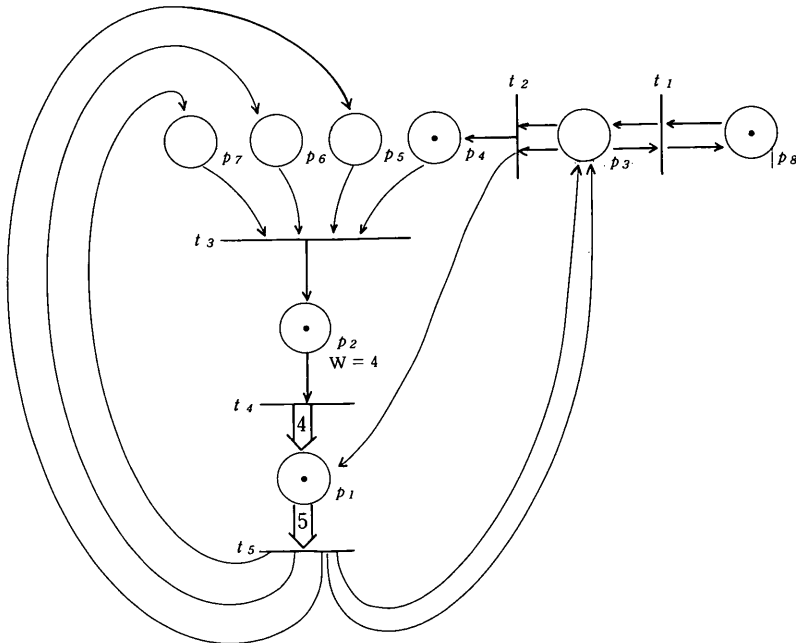
$$O(t_5) = \{P_3, P_3, P_5, P_6, P_7\}$$

このペトリネットの改良点の1つは、生涯学習関連行政部局 p_2 から社会教育課 p_1 へ事業提供をおこない、それを受けて社会教育課は社会教育総合センター p_3 、市立美術館 p_6 、市立会館 p_7 、障害者施設 p_8 へ事業提供をおこなうことでネットワークのバランスをとろうとしていることである。

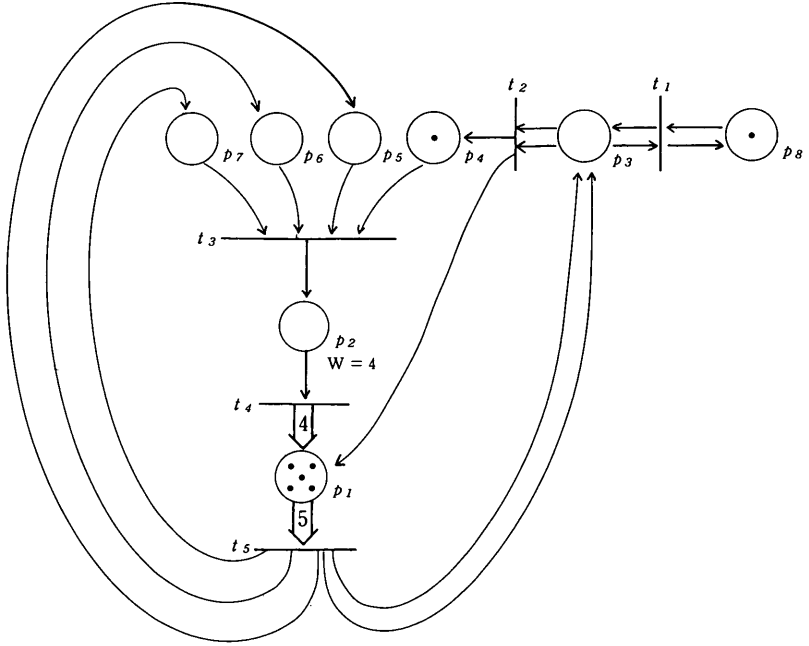
改良の2つ目は、バランスをとるためにプレース p_2 に重みをつけていることである。このことをペトリネットグラフのトークンの動きを使って説明しよう。図15-①は、 t_3 が発火した後の状態であるが、この結果、 p_4 、 p_5 、 p_6 、 p_7 から1つずつ、合計4つのトークンが t_3 に取り去られるが、 t_3 から p_2 へは、1つのトークンが入っているだけである。つぎに t_4 が発火すると (図15-②)、 p_2 から1つのトークンが t_4 に取り去られるが、 t_4 から p_1 へは4つのトークンが入ることになる。そして、 t_5 の発火によって (図15-③)、 p_1 から5つのトークンが t_5 に取り去られ、 t_5 から p_3 へ2つ、 p_5 、 p_6 、 p_7 へそれぞれ1つずつのトークンが入ることによって、トークン数は (0, 0, 2, 1, 1, 1, 1, 1) となり、初期状態と同じになる。このトークンの動きから、 p_2 のトークン1つが4つ分の重みがあると考え、ネットワーク全体のトークンの「出入」のバランスがとれることになる。

図15 K市生涯学習ネットワークモデル<改良・その2>のペトリネットグラフ

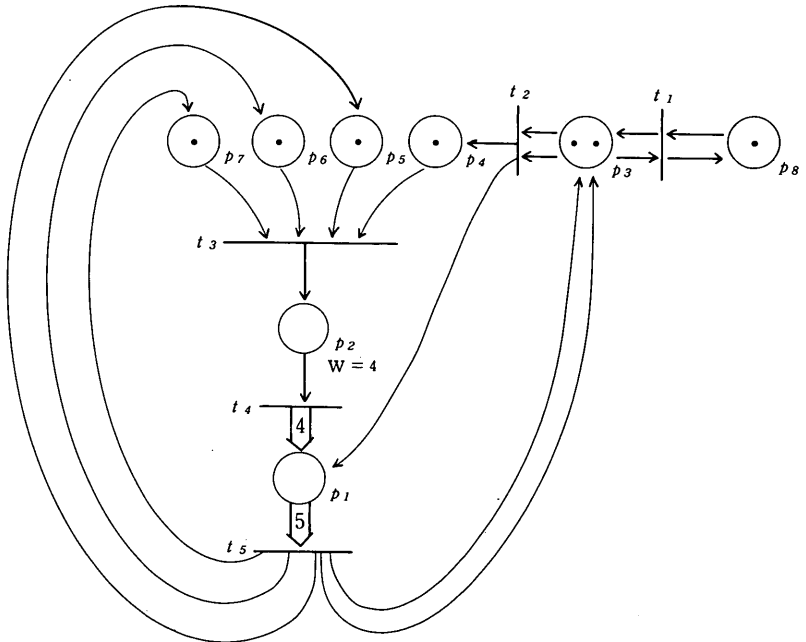
① t_3 発火後の状態



② t_4 発火



③ t_5 発火

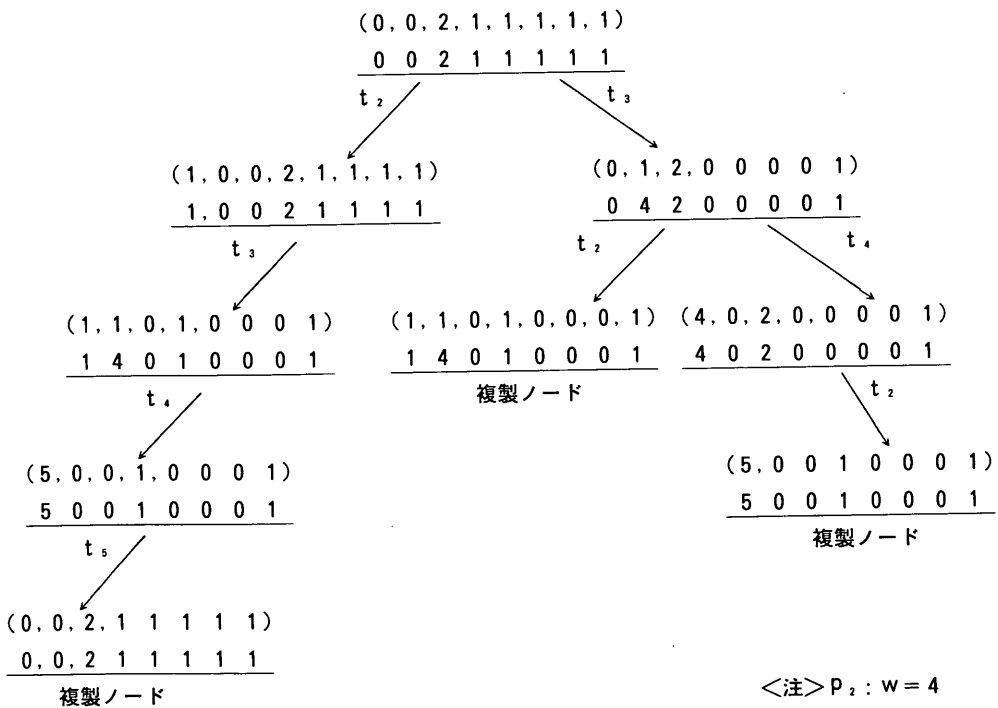


p_2 に重み「4」をかけることで、このペトリネットが保存的になることは可達木による検討を通して証明される。図16は、このペトリネットの可達木である。この可達木により、すべての発火可能なノードが内部ノードと、複製ノードにわかれる。しかも、すべてのステップで、重みづけ後のトークン数は7で一定しているので、保存的な構造になっていることがわかる。

生涯学習関連行政部局 p_2 に重みをつけるということは、現実的には次のようなことを意味する。すなわち、社会教育課や社会教育施設等の側は、学習支援事業にかならずしも深く精通している訳ではない首長部局など生涯学習関連行政部局がおこなう事業提供を「高く」評価し、その不十分さを補う姿勢で連携・協力をすすめるということを知った上で生涯学習関連行政部局とのネットワークを組むということである。こうした了解をネットワーク内で確認しながら連携・協力をすすめることでバランスを保つことができるのである。

この改良〈その2〉のネットワークは、社会教育課が社会教育総合センター、市立美術館、市立会館、障害者施設に事業提供をおこない、同時に社会教育総合センターは社会教育課、中央図書館、専修学校に施設提供をおこなうなど、社会教育機関がネットワークの中核とな

図16 K市生涯学習ネットワークモデル〈改良・その2〉の可達木



っているので、「社会教育機関中核型」ネットワークとでもいうことができる。

以上、K市生涯学習関係機関・施設のネットワークをペトリネット理論を用いたモデル化により検討してきた。その結果、現状のままでネットワークを組めば不活性に陥る可能性があることを指摘した。そして、不活性な状態に陥らないように修正した2つの改良モデルを提示した。もちろんこれらのモデルは、理論的に可能であるということであって、現実に機能するシステムとして構築するためには、K市の実態をふまえて検討されねばならないであろう。

ただ一般的にいえば、改良モデル、〈その2〉で示した「社会教育機関中核的」ネットワークは、現実に構築できる可能性があるように思われる。ネットワークの中核の1つである社会教育課は、学習支援事業に関して長年にわたる豊富な経験とノウハウをもっている。また、社会教育総合センターについては、今後その機能の充実が図られることが予想される。というのは、平成2年1月の中央教育審議会答申『生涯学習の基盤整備について』において、都道府県に「生涯学習推進センター」を設置することが提唱されている。「生涯学習推進センター」の機能には、講座の実施や情報提供・学習相談などの他に学習プログラムの研究・企画や関係機関との連携・協力などが含まれている。それ故、今後、市町村においても「生涯学習推進センター」と連携・協力して事業開発や事業提供などをおこなう生涯学習支援の中核的機関の設置と機能の充実が図られることが予想される。K市の社会教育総合センターが、こうした機能を強めていけば、K市の生涯学習関係機関・施設のネットワークの中核的役割の一端を担うことができるように思われる。

〈注〉

1. 伊藤俊夫・山本恒夫編『生涯学習推進体制の構築』（生涯学習講座1）第一法規，平成元年6月，p.11.
2. 同上.
3. 同上，p.13.
4. 井上講四・手打明敏「生涯学習施設のネットワーク」，日本生涯教育学会年報第10号，平成元年11月，手打明敏「学習指導者のネットワークの可能性」社会教育指導者ネットワーク研究会，『生涯学習時代における社会教育指導者のネットワーク化に関する実証的研究』（平成元年度科学研究費補助金（総合研究〔A〕）研究成果報告書）平成2年3月，手打明敏「生涯学習援助システムの検討」金沢大学大学教育開放センター紀要第10号，平成2年3月
5. J.L.ピータースン著（市川惇信，小林重信訳）『ペトリネット入門』，共立出版，昭和59年4月，p.3～4.
6. 同上，p.32.
7. トークンと資源の間には必ずしも1対1の対応は存在しない。あるトークンは1つでいくつかの資源をあらわすことができる。また，1つのトークンがトランジションを経て2つ以上のトークンを生成することもある（山本恒夫，「生涯学習ネットワークの可能性—理論的検討」日本生涯教育学

会第11回（1990年11月）大会発表資料 p. 3。この発表は、山本恒夫と坂本登の共同（坂本は「生涯学習ネットワークの可能性—実践的検討」を分担した）でおこなわれた。

8. 多重集合の表現で、 p_i が t_j の入力多重集合の中に存在する数をあらわしている。同様に、 p_i が t_j の出力多重集合の中に存在する数は $\#(p_i, O(t_j))$ と表わされる。
9. トークンはネットのなかのプレースごとに定義され、そのプレースのなかでは区別できない。よって重みはプレースのそれぞれに対応することになる。
10. マーキング μ において、あるトランジションが発火して μ' が得られるとき、 μ' は μ から直接可達であるという。 μ' が μ から直接可達で、 μ'' が μ' から直接可達であるとき μ'' は μ から可達であるという。マーキング μ をもつペトリネット C の可達集合 $R(C, \mu)$ を μ から可達なすべてのマーキングの集合として定義する。
11. アルゴリズムにより、複製、終端、内部のいずれかのノードに分類される。
12. ここで使用するデータは、京都市社会教育総合センター発行の『生涯学習情報誌、京都 VIEW』第3号（1990年4月）に掲載された生涯学習関連事業（1990年4月から8月開催）の一部である。
13. ここでのトークンは資源そのものではなく、資源の「出入」の結果を示すものとする。

Theoretical Studies on Networking for Lifelong Learning — Model Analyses by Petri Net —

Akitosi TEUCHI

This paper attempts to examine the possibilities of Networking for Lifelong Learning. In this paper, I will take up a subject for the Network Model and analyze the model by Petri Net. The Network Model depends on the data about co-operative relations with K City's Lifelong Learning Administrative Organs and Facilities.

The paper covers:

I Meaning and Tasks of Networking for Lifelong Learning.

II Petri Net Theory.

III Examinations of K City's Network Model for Lifelong Learning.

The main conclusions of the paper are as follows:

We can take up the Two Models of K City's Network for Lifelong Learning.

①. Type I is the pivotal model of Departments of Lifelong Learning Administrations.

②. Type II is the pivotal model of Social Education organs.

Considering the current trends of Lifelong Learning Administration and Policies, I think it is possible for us to construct Type II as the Network Model.