

開発地の空間基盤整備における計画過程の協調化に関する基礎的研究

A Basic Analysis of Concurrent Processing for Land Arrangement in Urban Redevelopment

秀島 栄三* 岡田 憲夫** 榎本 和章***

Eizo HIDEISHIMA, Norio OKADA, Kazuaki ENOMOTO

1. はじめに

都市の社会・経済情勢の変化に対応するために都心部や臨海部などではしばしば地区の空間構成を大規模に改変する必要に迫られる。地権者は所有地の土地利用を刷新し、自治体などの公共主体は地区一帯の将来を見越したうえで道路や供給処理施設などの都市基盤施設を整備しなければならない。

一体性のある地区の空間構成を生成するためには整備主体の間で土地の再配分や施設の再配置（地点(site)の交換）を行う必要がある。例えば土地区画整理事業の換地計画などはその手段のひとつである。施設の再配置および土地の再配分という手続きは地区再開発等において重要な計画課題である。なぜならば複数の主体が個々の計画目的の最適化を図ろうとするために地点という共有困難な資源を獲得しあう形で対立がしばしば生じるからである。

この対立には2種類の状況がある。一つは各主体が選択した地点を共に譲れない場合である。対立を解消するには双方または一方が妥協する、すなわち計画目的の達成を後退させるしかない。筆者は以前にこの種の対立を公平に調整する方法について協力ゲーム論的なアプローチによる検討を試みた¹⁾。

他方、各主体が計画目的を満たす地点（施設の配置箇所）の代替案が複数見出されるにもかかわらず、たまたまたどった選択の過程のために膠着状態に陥る場合がある。このような場合にはもし再選択のプロセスが付加されれば、どの主体も計画目的を後退させることなく選択上の対立が解消できる可能性がある。

しかし、地区の空間構成が再編される過程が非協調的に進む場合には各主体の地点選択を調整する機

会が失われ、後発の整備主体は地点獲得において不利になる。さらに結果として不適切な空間構成が生成されるおそれがある。

各施設の配置計画は計画主体が異なるため必ずしも同時に進行しない。それゆえ空間構成再編の展開として複数のシナリオが想定される。例えば当該地区にまたがる基幹的な道路の整備が私有施設の建築に先行すると、整備した道路が地区内の歩行者動線や景観の連続性に対して動かし難い制約を強いかねない。逆に道路を整備する行政の意図と無関係に民間の開発計画が進められると地区及び地区内外の空間構成や交通の処理が適切に行えなくなる。

ひとたび生成された地区の基幹的な空間構成はその後容易には変更されない。それゆえ整備主体の間で協議の場を持つなどして各施設の配置計画間のミスマッチを未然に防ぐべきである。近年の都市開発事業では協議会を設置し、調整の場をもつことによりミスマッチを減らすように配慮している²⁾。また都市計画行政の側からも私的開発と基盤施設整備の協調的な運営に積極的に対応しようとしている³⁾。

そこで本研究では地区の空間基盤整備の計画過程の協調化ということについて検討する。そのためにまず複数の主体によって進められる計画過程を「決定」の積み上げのプロセスとして捉える。それは不可逆的かつ並進的に展開するダイナミックな相互調整プロセスである。そこで、このようなプロセスを記述するのに適しているベトリネット理論^{4) 5)}を用いて計画過程のモデル化を行う。次いでベトリネット理論における「デッドロック」や「可達性」「活性」などの概念を用いて計画過程の改善を試みる。

2. 多目的計画としての空間基盤整備計画

本章では開発地の空間構成に関する計画問題の簡単な例題を示し、その定式化を行う。

図1のような開発地を想定する。実際のスケールイメージとしては5ha程度の地区を想定している。いま地区の基幹的な道路と2棟のビルの整備が計画されている。各施設は平面上重複しないものとする。ここで地区をa~nの計12のメッシュに分割する。

キーワード：計画基礎論、システム分析

* 正会員 修(工) 京都大学工学部 京都市左京区
吉田本町 Tel075-753-5073 Fax075-753-5071

** 正会員 工博 京都大学防災研究所 宇治市五ヶ庄
Tel0774-32-3111 Fax0774-32-3093

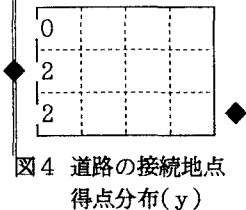
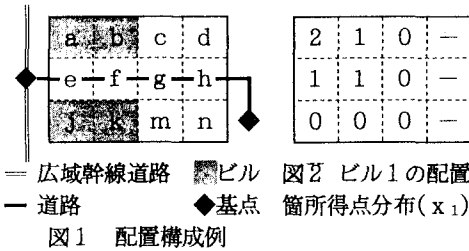
***学生会員 京都大学大学院 京都市左京区
吉田本町 Tel075-753-5073 Fax075-753-5071

本分析では各メッシュは一辺およそ60mで等面積の正方形とするが、メッシュの大きさと形は次の2つの基準を満たすようにすればよい。道路がメッシュ1個分だけずれて通ることによりルートが著しく変化しないこと、ビルがメッシュ1個分ずれて配置されることにより形態や機能が大きく変化しないことである。各メッシュは1種類の施設に占有されるか、されないかのいずれかであるとする。

各地権者は当人に都合のよい地点にビルを配置したい。ともに東西に並ぶ2メッシュを占有するものとする。図2、図3に示す値はそのメッシュをビルの西側としたときの当人にとっての選好度を表している。同じ得点のところはいずれを選択しても同程度に望ましいことを意味する。

行政は地区の基幹的道路に対して広域幹線道路へのアクセス機能を要求する。この目的からすれば所定の地点間が接続されればよく、地区内のルートのあり方は重要ではない。道路の基点(◆)間の接続をよくするために図4の中で得点の高いメッシュを通るようにしたい。ただし地区内を各メッシュに対して斜めに結ぶことはできないものとする。

さらに地区全体としては、2棟のビルは出来る限り隣接させ、道路による両者の分断は避けたい。両ビルが接する長さをメッシュの個数で表し、その個数を隣接の度合いを示す指標とする。例えば2棟のビルが(a, b)と(e, f)に配置されるとき、隣接の度合いは2点である。



すなわち地権者はビルを最良の地点に、行政は道路の接続箇所を最良の地点に配置しようとする。また地区全体(を代表する協議会)としてはビルが隣接するようにしたい。各地権者の所有ビルの配置箇所の選択、行政による道路の接続箇所の選択をそれ

ぞれ操作変数 $\alpha_i (i=1, 2)$ 、 β とし、ビルの配置箇所の望ましさを、道路の配置箇所の望ましさを、隣接面数をそれぞれ目的関数 $x_i (i=1, 2)$ 、 y 、 z とすると、本計画問題は各目的関数を最大化する多目的計画問題として定式化される。

$$x_1(\alpha_1) \rightarrow \max x \quad (1)$$

$$x_2(\alpha_2) \rightarrow \max x \quad (2)$$

$$y(\beta) \rightarrow \max x \quad (3)$$

$$z(\alpha_1, \alpha_2, \beta) \rightarrow \max x \quad (4)$$

ただし、

$$\{\alpha_i \mid \alpha_i = (\alpha_{i1}, \alpha_{i2})\}$$

$$\{\alpha_{is} \mid \alpha_{is} \in \mathbb{N}, \alpha_{is} (s=1, 2) \text{は東西に並ぶ}\}$$

$$\{\beta \mid \beta = (\beta_1, \dots, \beta_t, \dots, \beta_w) (0 \leq w \leq 12)\}$$

$$\{\beta_t \in \mathbb{N}, \beta_t \text{は基点間を接続する}\}$$

$$N = \{a, b, \dots, n\}$$

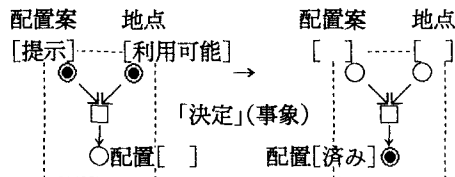
本計画問題を解決するにあたっては、そのプロセス次第では式(1)~(4)の各計画目的が同時に最適化されるとは限らない。最初に配置箇所を決定する計画主体は明らかにその主体にとって最も望ましい地点に配置するであろう。その結果、後発の計画主体は最も望ましい地点に配置することができなくなる可能性がある。そして地区全体としての配置構成の適切さ(z)も損なわれる可能性がある。

3. ペトリネットによる計画過程の検討

(1) ペトリネットの記述方法

ペトリネットは確定された構造をもつ離散的な過程の表現に向いており、過程内の「事象」の生起はトランジション(図5「□」参照)をトークン(同「・」)が通過する(「発火する」ということ)により、また事象前後の「状態」はプレース(同、「○」)にトークンをおくことによって示す。

計画過程における「決定」という行為は諸々の前提条件の下で何らかの結果へと導く一つの事象として捉えられる。施設の配置箇所の決定においては施設の機能を十分に発揮するための配置案が設定され、かつその条件に合致する地点が利用可能なとき配置箇所を決定できる。以下ではこのようなプロセスをペトリネットにより記述する方法について概説する。



※[]内はトークンがある場合を説明している

図5 配置箇所の決定プロセスの記述

次いで複数主体による施設配置の計画過程の簡単な記述例を示す。図6に示す計画過程では地点Aという資源の獲得において道路の配置計画とビル配置計画の間で「コンフリクト（競合）」が生じている。仮に道路の方が先行して地点Aを獲得した場合にはビルの方は配置する箇所を失う。すなわち図6のトランジション2が発火できない。このような状況をペトリネット理論では「デッドロック」という。ビルの方が先行してもやはりデッドロックは起こる。よって両施設の配置を完了することはできない。

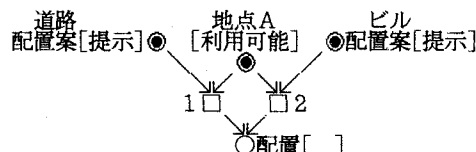


図6 配置箇所決定が可達でない計画過程

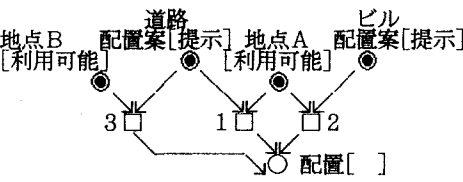


図7 配置箇所決定が可達な計画過程

図7では道路が先行して地点Aを選ぶとデッドロックを来すが、地点Bを選べば後発のビルも配置が可能となる。このような場合「計画過程の初期状態から両施設の配置が完了した状態へは可達である」という。またデッドロックが全く起こらないペトリネットは「活性である」という。時間的に不可逆な計画過程が常に前進するには記述された計画過程の構造が活性でなければならない。（表1参照）

なお可達性の検証にはペトリネットの静的構造を表わすグラフの接続行列を用いる方法と発火シミュレーションによる方法とがある。前者は循環構造を含まないペトリネットに限定される⁴⁾。活性の検証にはシミュレーションによる方法が効率的である。

表1 デッドロックと可達性および活性

デッドロック \ ペトリネット	可達性	活性
"全く起こらない"	○	○
"起こることがある"	○	×
"必ず起こる"	×	×

以上に計画過程の記述方法を簡単に説明した。なお本稿ではペトリネットに縮約（記述の概略化）を施しているが、現実の場面では配置箇所を複数の地点の組合せで決定すること、通常、施設の配置箇所に課せられる要件は数多くあることなどを踏まえて

サブのペトリネットを補足する必要がある。

(2) 非協調的な計画過程の分析

各地権者と行政がそれぞれビルと道路の配置箇所を個別に決定する計画過程をペトリネットにより記述する。（図8；地権者2の挙動は省略） 地点の選択を「個別に決定する」ことは、相互間に計画決定を同調させる機会が与えられていないことを意味する。それは、いずれの施設の計画決定が先行することも許容する。偶然に決定が先行した計画主体は当人にとって最適な地点を選べるが、後発の計画主体は残された地点の中で最善の配置箇所を選択するしかない。ビル2棟と道路の3施設に対しては6通りの順序関係が考えられる。ペトリネット上では各施設の配置箇所が決定された後に $z = 0, 1$ または2の得点を意味するプレースのいずれかにトークンが到達することにより計画過程が完了する。

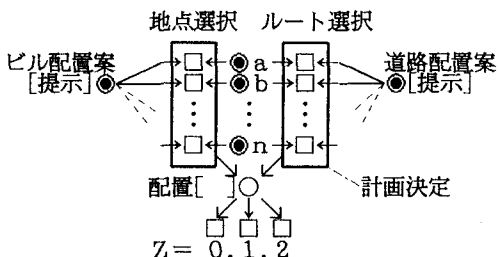


図8 例題の計画過程のペトリネット（概略）

決定順序	→	得点結果
ビル ₁ →ビル ₂ →道路	→	(2, 1, 2, 1)
ビル ₁ →道路→ビル ₂	→	(2, 1, 2, 2)
道路→ビル ₁ →ビル ₂	→	(1, 2, 2, 1)
ビル ₂ →道路→ビル ₁	→	(1, 2, 2, 2)
ビル ₂ →ビル ₁ →道路	→	(0, 2, 2, 0)
道路→ビル ₂ →ビル ₁	→	(0, 2, 2, 1)

※括弧内は x_1, x_2, y, z の得点の組合せ

※下線付：パレート最適解

図9 計画過程の得点結果

本計画過程が結果として実現可能とする目的関数値の組合せ (x_1, x_2, y, z) は図9の通りである。例えばたまたま道路、地権者2、地権者1の順に配置箇所が決定された場合には、道路と地権者2が所有するビルは最適な箇所（ x_2 と y はともに2点）に配置されるが、 x_1 の得点は1点となることもあれば0点となることもある。また z （隣接度）も1点の場合もあれば2点の場合もある。図9で下線を引いた得点の組合せはこれ以上パレート改善することのできない一種の均衡解（パレート最適解）である。本計画

過程では1つの順序関係が与えられたときに得点結果が唯一に定まらず、パレート最適解を確実に得ることができないという問題点がある。

(3) 計画過程の協調化

(2)に示した計画過程には次のような問題点がある。i)計画過程の進行の仕方次第でパレート最適解が実現しない可能性がある、すなわち活性でないこと、ii)各計画主体が利己的に配置箇所の決定を行うために地区全体の計画目的 z の値が芳しいものにならない場合があること、である。

i)に対しては各施設の配置箇所の決定過程を協調させることが必要である。具体的には平面上重複する配置箇所の組合せが生じた時にはいずれかの施設配置について計画目的を下げないという条件下で一部の地点の選択を改めさせる機構をルールとして加える。また ii)に対しては z が低い値のときには各主体に配置箇所の選択を改めさせる機構を付加する。

図10(地権者2の挙動は省略)にペトリネットの改善案を提示する。(2)と同様に様々な (x_1, x_2, y, z) の組合せについて検証を行った。結果は図11の通りである。結果として改善前に可達であった (x_1, x_2, y, z) の組合せはいずれも確実に実現する。すなわち本計画過程のペトリネットは活性である。したがって改善後の計画過程では2つあるパレート最適解のいずれを目標においてもその目標を必ず実現することができるようになっている。またii)については、例えば $(2, 1, 2, 1)$ が調整を経て $(2, 1, 2, 2)$ に

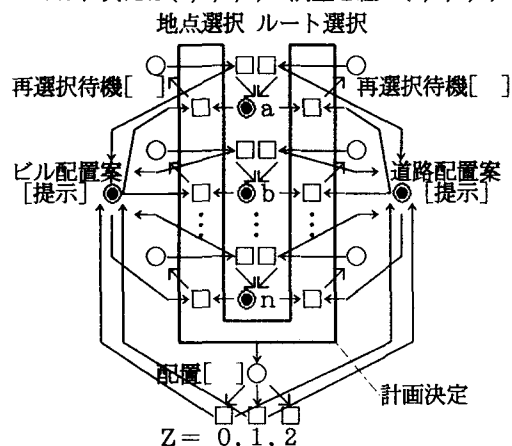


図10 改善後の計画過程のペトリネット(概略)

ビル1	$(0, 2, 2, 0) \rightarrow (0, 2, 2, 1)$
&ビル2	$(1, 2, 2, 1) \rightarrow (1, 2, 2, 2)$
&道路	$(2, 1, 2, 1) \rightarrow (2, 1, 2, 2)$

図11 改善後の得点結果

改善され、道路がビルとビルの間を分断しないようになっている。

改善後のペトリネットではいわば3つの計画目的を「同じ場」「同時」とは違いますが達成するべく決定している。図10に示されるように配置箇所の再選択という調整の手順が計画過程に加わり、非協力的な状況では達成できないおそれがある計画目的が必ず達成できるようになった。

このような協調的な計画過程を実行する場としては、最近の開発事業では必ずと言ってよいほど設置されている開発関係者による協議会が有効であると考えられる。特に計画主体間で配置箇所の選択を改めることを許容する何らかのコミュニケーションの場があることが重要と考えられる。

4. おわりに

本研究では複主体による多目的な計画過程に注目し、良好な空間構成の生成を確実にし、軽視されやすい計画目的の点検プロセスが内部化された計画過程に改善することを試みた。計画過程の記述及び分析にはペトリネット理論を適用した。その適用の意義は次のようである。

1. 計画過程を合理的に記述し、より一般化された動的システムとしての計画過程の設計を可能とする。
2. 主体間の土地や施設の再配分(配置)過程を合理的に説明する手段となりうる。ただし本論文では等質等量の地点という資源同士の交換しか取り扱っていない。今後地点と他の資本(ex. 清算金、容積移転)との交換過程も取り扱うことによってより複合的な問題への適用についても検討したい。

最後に大阪市計画局 竹沢 宜之氏には資料収集に際して御協力を賜った。ここに謝意を表します。なお分析にあたってツールソフト *sanet*⁵⁾を用いた。また本研究は文部省科学研究費(奨励研究(A) 06750571)を受けた研究の一環として行った。

参考文献

- 1) 秀島, 岡田, 吉川, 塚本: 都市拠点開発における基盤整備事業の協力分担方式に関するゲーム論的考察, 土木計画学研究・論文集11, pp. 295-302, 1993
- 2) 大阪ビジネスパーク開発協議会編: 大阪ビジネスパーク土地区画整理事業誌, 1987
- 3) 松村 博: 再開発地区計画とまちづくり, 新都市平成4年1月号, pp. 25-30, 1992
- 4) 村田忠夫: ペトリネットの解析と応用, 近代科学社, 1992
- 5) 椎塚久雄: 事例ペトリネット, コロナ社, 1992