

## 都市計画と都市防災の調整方式に関する基礎的考察

——斜面都市を対象として——

岡 田 憲 夫

### COORDINATION OF URBAN DEVELOPMENT PLANNING AND DISASTER PREVENTION —— A SYSTEMS APPROACH ——

By *Norio OKADA*

#### Synopsis

This paper addresses the increasing need for comprehensive urban planning which coordinates urban planning and disaster prevention. With a focus placed on hillside cities, the paper first analyzes the structure of the problem. Then, a conflict analysis is made to examine the possible outcomes of uncoordinated urban planning. Thereafter more promising possibilities will be suggested by examining coordinated outcomes which might be produced if comprehensive urban planning is introduced.

#### 1. は じ め に

いわゆる「開発」と「防災」の問題は、都市や地域の整備や活性化にあたって、包括的に議論すべき余地が多い。しかし、これまでともすれば、両者は異なる次元の問題であり、競合関係は存在しても、折り合う余地はほとんどないと考えられるくらいがあった。本研究は、「開発」と「防災」の競合関係に着目しつつも、両者の間で適切な協力・調整が図られれば、場合によっては競合状態を乗り越えて、より良い整備結果を導くことが可能であることを示すことを目的とする。なお、対象都市としては長崎市に代表される斜面都市を取り上げる。これは斜面都市が開発のための地形的・空間的制約が大きく、かつ特有の土砂災害や火災等の多面的な防災対策が不可欠で、開発、防災の両面で厳しい制約を課されている都市であるためである。

本研究では、まず斜面都市の開発、防災問題の構造についてKJ法により分析する。ついで、斜面都市における都市開発と防災の典型的なコンフリクト問題をモデル分析する。さらに、そのようなコンフリクト問題の均衡解をゲーム論的に分析することにより、相互の調整がうまく機能しない場合の結果について推測する。最後に、総合的な視点から都市開発と防災が適切に調整された場合を想定し、結果として双方にとりより好ましい結果が導き得ることを指摘する。

#### 2. 問題の構造分析

長崎市を主としてイメージしながら、問題の構造分析をKJ法により行った<sup>1)</sup>。当該都市の整備要請として、「開発要請」と「防災要請」があり、それぞれの要請に個別的・独立的に対応するだけでは、全体として十分に整合のとれた計画にならないことが予想される。Fig. 1はそのことをKJ法により具体的に明らか

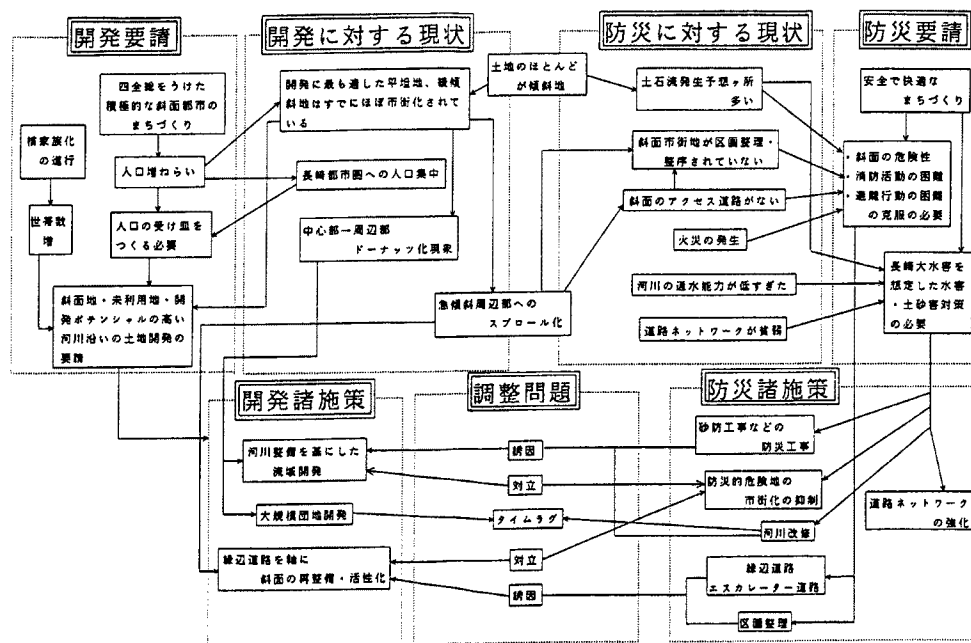


Fig. 1. Problem Formation by kJ Method.

にしたものである。開発余地のある土地のほとんどが傾斜地であること、そのため急傾斜周辺部へのスプロール化が進展しかねないこと、それが防災要請への対応と必ずしも整合しないこと、等が概略示されている。

なお、開発諸政策としては、主として市街地の傾斜地域における「緑辺道路を軸とした再整備・活性化」の問題と、「郊外河川流域部における大規模団地開発」の問題が特筆に値する。これらは同時に関連する防災諸政策と適切な調整が不可欠であるが、現実にはそのような調整が十分に図られているとはいえない。開発と防災のための諸政策の間には、種々の対立や導入上の時間的ズレなどが存在し、それらを調整する組織や制度が不備であることがその主因であろう。しかし、両者の間にはうまく調整されればより良い結果を導き得る「誘因」も存在することに留意する必要がある。例えば、山腹斜面部をはちまき状にとりまく緑辺道路の建設は、開発と防災の双方にとって十分に誘因となる可能性を秘めている。ただし、それも開発、防災を担うそれぞれの（行政）主体の間に適切なコミュニケーションと協力関係が成立した場合に限ってであろう。以下、このことについてモデル分析を行う。

### 3. コンフリクト分析

#### 3.1 モデルの概要

都市開発の要請を代表するプレイヤー（「開発」と略称する）と総合都市・防災計画を防災の要請を代表するプレイヤー（「防災」と略称する）の2人によって展開されるゲームと考える。想定する地域は長崎市中心市街地およびその周辺斜面部である。ここでは山麓低部（山の手ゾーン）は既に宅地がスプロール的に広がっている。その上部（山腹ゾーン）は未開発のまま保全されている。両者の間に帯状に緑辺道路を作る計画がある。Fig. 2 にその状況のイメージを図示する。

各プレイヤーは次のようなオプションを持つとする (Table 1 参照)。

#### (1) オプション

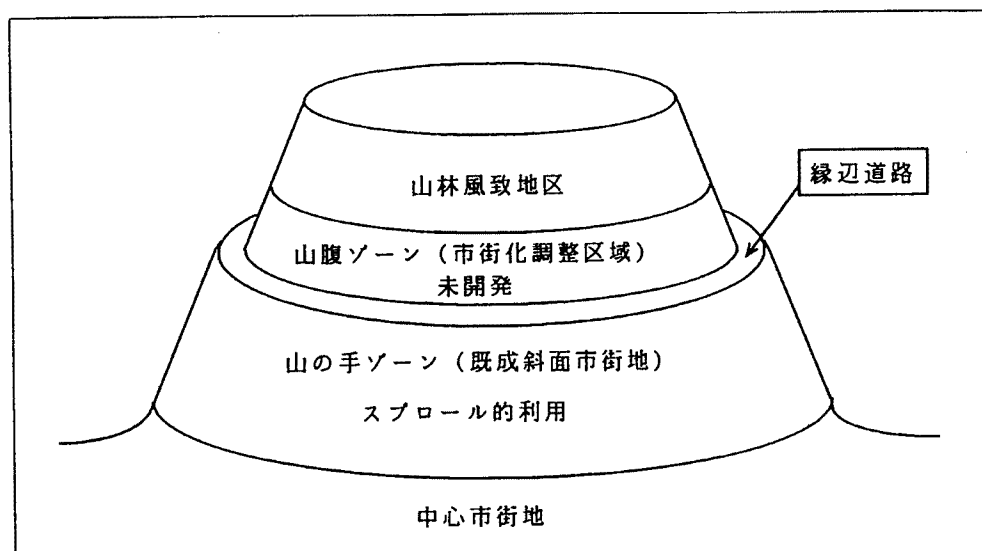


Fig. 2. A Prototype Model Scheme.

Table 1. Feasible Outcomes Listed

| PL   | オプション    | 発生事象 |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----------|------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 開発   | 山の手ゾーン利用 | 0    | 1 | 0 | 1 | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  |    |    |
|      | 山腹ゾーン開発  | 0    | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  |    |
| 防災   | 山腹ゾーン防災  | 1    | 1 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
|      | 縁辺道路     | 0    | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|      | 開発条件     | 0    | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 十進表現 |          | 4    | 5 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 20 | 21 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |

(Table 1. モデルケースにおける発生可能事象)

プレイヤー「開発」の目的は、人口の増加を見越した宅地開発を推し進めていくということにあり、そのための方法として、

オプション1. 縁辺道路の山側の調整区域（以下、「山腹ゾーン」と呼ぶ）の開発、

オプション2. 縁辺道路よりも下側（中心市街地側）の斜面地既成市街地内（スプロール市街地、以下「山の手ゾーン」と呼ぶ）の未利用地の利用、

を取ることができる。ただしこれらのオプションは、どちらか一方だけを採択するという性格のものではなく、オプション1と2の両方をあわせて行うことも可能である。さらにオプション1と2のいずれも行わないということも可能である。

プレイヤー「防災」の目的の一つは、山の手ゾーンに現在居住している人々の安全を確保していくことにある。もう一つの目的は、斜面へのこれ以上の開発を抑制しようとするもので、具体的には縁辺道路よりも山側の斜面の開発を抑制していくというものである。

これらの目的を実現するための具体的施策として、

オプション1. 土砂災害対策として山腹ゾーンを保全地区に指定し、あわせて防災工事（擁壁、斜面ネットなど）を施す。

オプション2. 防災時の避難路として縁辺道路をつくる,

オプション3. 開発抑制のため, 開発条件を厳しくする (例えば, 調節池を義務づける, 開発の際の避難地などのオープンスペースを大きく取らせる, 開発面積の制限をするなどである),

の3つのオプションの組み合わせを考える。

## (2) 発生事象と戦略

オプションは各プレイヤーが取り得る行動の最も基本的な要素であり, その実行/不実行 (表中, “1” がオプションの実行を, “0” は不実行を表す) の組み合わせが各プレイヤーの戦略を表す。各発生事象は各プレイヤーの戦略の組み合わせとして記述される。たとえば, 左端の列 (00, 100) は, プレイヤー開発は何もせず, プレイヤー防災が山腹ゾーンの防災のみを行うことを示している。各事象の下に記した番号は, その事象を表す0と1の並びを, 最下端を最高位の桁, 最上端を最下位の桁とする二進数の数字にみたてて, それを十進数に変換した数字を表している。これにより左端の事象は“4”によって代表することができる。そこで, 以下, 各事象をこの十進数の番号によって略称することにする。

## (3) 選好性とコンフリクト

各プレイヤーは各発生事象についてその好ましさの順位 (選好性) を明示する。Table 2 は, それぞれ上段には「開発」, 後段には「防災」からみた各事象の選好性をその高い順に左から右に並べてある。Fig. 3 には, 二人のプレイヤーの選好性の構造を, それぞれの選好性の順位を表す直交座標軸上にプロットして図示してある。45度の斜めの直線が両者の選好順序が完全に一致する場合を表している。これより, 2人のプレイヤーの選好性が異なるためにコンフリクトが生じることが読み取れる。

## (4) 非協力ゲームとしてみたコンフリクトへの対応

このように開発要請と防災要請との間にはコンフリクトが生じることが, このプロトタイプの事例のモデル記述によって示されたが, 現実の場面でこのようなコンフリクトにどのような対応がなされるかについて考えてみよう。論点を浮き彫りにするために, ひとつの極端な場合として次のように仮定することにしよう。

各自は原則的には情報交換をせず, 協力 (提携) しないで, 相手の対応を予測し, その出方に応じて自身の行動 (戦略) を変更することにより可能な範囲で自身の選好性を高めようとする。ただし, 各自は相手の

Table 2. Stability Analysis Tableau

|     | 均衡解    | E E E |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|--------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 開 発 | 安定性    | R     | S  | R  | U  | R  | U  | R  | U  | R  | U  | U  | R  | U  | U  | U  | U  |
|     | 選好ベクトル | 11    | 10 | 27 | 26 | 13 | 9  | 29 | 25 | 5  | 8  | 12 | 21 | 24 | 28 | 4  | 20 |
|     | UI     | 11    |    | 27 |    | 11 | 27 |    | 11 | 13 |    | 27 | 29 | 5  | 21 |    |    |
| 防 災 | 安定性    | R     | S  | S  | S  | R  | S  | S  | U  | R  | S  | U  | U  | R  | U  | U  | U  |
|     | 選好ベクトル | 8     | 24 | 12 | 28 | 9  | 25 | 13 | 29 | 26 | 10 | 4  | 20 | 27 | 11 | 5  | 21 |
|     | UI     | 8     | 8  | 8  |    | 9  | 9  | 9  |    | 26 | 8  | 8  |    | 27 | 9  | 9  |    |
|     |        |       | 24 | 24 |    |    | 25 | 25 |    |    | 24 | 24 |    |    | 25 | 25 |    |
|     |        |       |    | 12 |    |    |    | 13 |    |    | 12 | 12 |    |    | 13 | 13 |    |
|     |        |       |    |    |    |    |    |    |    |    | 28 | 28 |    |    | 29 | 29 |    |
|     |        |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 4  |    |    |    | 5  |    |

(Table 2 安定性分析表)

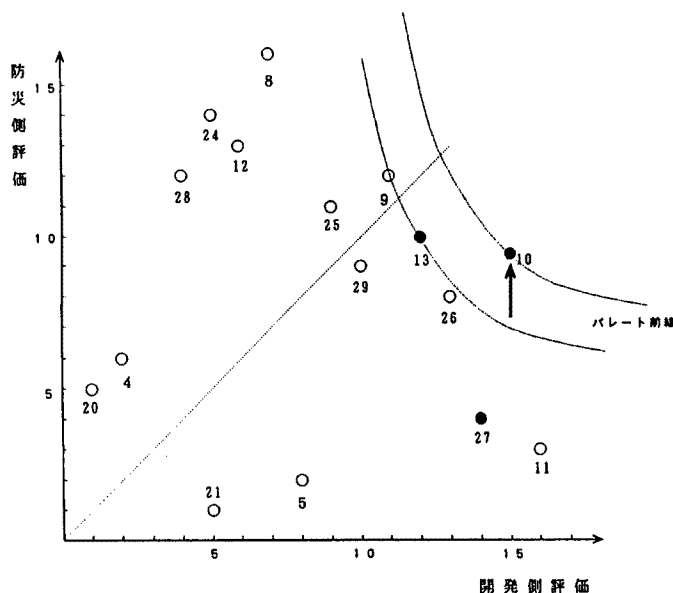


Fig. 3. Preference Vectors Compared along Goal Axes.

戦略と選好性については予測できるものとする。両者がそのような駆け引きをした結果、最後にある発生事象（均衡解）に落ちつくであろう。このようなゲームはメタゲーム分析によってモデル化できる。

### 3.2 メタゲーム分析

この手法は、政策科学の分野で現れるコンフリクト問題をモデル化・分析するための有効な手法として Howard<sup>2)</sup> によって基本モデルが提案され、その後、Fraser and Hipel<sup>3)</sup> により改良されたものである。この手法はコンフリクト問題のモデル化と安定性分析による均衡解の決定という2つのプロセスから構成される。コンフリクト問題のモデル化は、既に上で行ってあるので、以下、安定性分析について説明する。

Table 2 に示した各プレイヤーの選好ベクトル（各事象番号の選好性の並び）に注目する。各発生事象のうち相手の戦略が固定されたままであっても、自分の戦略は自身で変更が可能である。例えば、Table 2 をみると、開発側は、事象25からは、自身の一方的な戦略の変更により、事象 24, 26, 27 へと移行することが可能である。これらの事象はいずれも相手のプレイヤーの戦略がもとの事象 24 と同じになっている。このような事象を一方的移行可能事象という。すなわち、事象 24, 26, 27 は事象 25 のプレイヤー開発にとっての一方的移行可能事象ということである。

この一方的移行可能な事象の組のなかで、当該事象よりも当該プレイヤーにとって選好性の高いものを「一方的改善 (unilateral improvement)」とよび（以下、‘UI’ とよぶ）、当該事象のすぐ下に選好性の高いものから順に上から下へと列挙する。例えば開発側のプレイヤーでは、事象 25 の一方的移行可能事象は事象 24, 26, 27 であるが、Fig.2 をみると、そのうちで事象 25 の UI は、25 よりも選好順位の高い（左側にある）事象 26, 27 の二つだけである。さらに事象 27 の方が事象 26 よりも選好性が高いので、上に表記されている。

このとき各プレイヤーにはすべての実行可能な事象について以下の二つの安定状態が存在する。

#### a) 合理的 (rational)

ある任意の発生事象が当該プレイヤーに対して UI を全く持ち得ない場合は、この事象は当該プレイヤーに関して「合理的（安定）状態にある」といい、‘R’で表わす。つまりこの状態にあるプレイヤーは、今の発生事象から、一方的に自身の戦略を変えることにより、状況の改善をすることができない。たとえば

**Table 2** に示すように、いったん事象 21 が生じてしまうと、開発側は UI を持たないために、自身の戦略変更によっては、事象 21 よりも選好性の高い事象へと移行できない。このとき、もし防災側が戦略を変更しないならば、開発側は、事象 21 にとどまらざるを得ない。

#### b) 抑止安定 (sanction)

あるプレイヤーが現在の発生事象から自らの戦略を変えることにより、ある UI に移行した場合に、他のプレイヤーがこれに対抗してこの UI から更に別の UI に移行しようとすると考え。このとき後者の UI がもとの発生事象よりも当該プレイヤーにとって好ましくなければ、結局このプレイヤーは現在の発生事象から移行することを抑止されるという意味で当該事象は一つの安定状態とみなすことができる。このような状態を「抑止安定」といい、“S”で表わす。例えば **Table 2** に示すように、防災側からみた事象 10 は、26 という UI を持つ。従って防災側は事象 26 へと移行しようとする。しかしいったん 26 へと移行してしまうと、そこからさらに開発側が一方的改善を行うことにより、27 へと移行してしまう。この 27 という事象は、防災にとり、もとの 10 という事象よりも望ましくなく、結局、戦略の変更により、損をする事になる。このようなとき防災側は戦略の変更を差し控えるであろう。このような状態が、“S”である。上述の“R”または“S”以外の状態は各プレイヤーにとって不安定な状態と考えられ、これを“U” (Unstable) と表記する。

ある発生事象がいずれのプレイヤーについても“R”または“S”で意味の安定な状態であるならば、この事象は「均衡解」であるといい、“E” (Equilibrium) であらわす。この均衡解が、当該コンフリクト問題における妥協点として妥当な発生事象 (解決案) を検討する上での有効な情報となるのではないか、というのが本研究の意図するところである。

### 3.3 メタゲーム分析結果

プレイヤーが以上のような選好ベクトルを持つとして安定性分析を行った。その結果が既に触れた **Table 2** に示されている。本表の安定性分析の結果により、モデルケース 1 について重要ないくつかの洞察を得ることができる。

その 1 つは本コンフリクトの最終的な着き先は 3 つの均衡解 10, 13, 27 のうちのどれかになる公算が高いことである。

10 で表わされる均衡解の意味は、防災側が縁辺道路をつくり、開発側が山腹ゾーンの開発を行うというものである。事象 10 が均衡解に選ばれる理由は次のようである。防災側は事象 10 のような状況になっても (以下、各事象の内容は **Table 1** 参照)、山腹ゾーンに対して開発条件を厳しくすることで状況を改善しようとする (事象 26 へと一方的に移行する) かもしれない。これに対して開発側はさらに山の手ゾーンの利用を行う形で対抗してくるであろう。その結果事象 27 へと移行するであろう。ところが防災にとってはこの事象 27 はもとの 10 よりも好ましくないで、結局防災側は事象 10 から 26 への一方的な戦略の変更を差し控えることになる。

一方開発側は、事象 10 からは、山腹ゾーンの開発のみでなくさらに、山の手ゾーンの利用も行う (事象 11) という一方的改善 (UI) が可能である。しかしそうすると防災側はさらにそこから事象 27 へと一方的改善を試みるであろう。事象 27 は、開発側にとり、もとの 10 よりも好ましくないで、開発側は 10 から 11 への一方的な戦略の変更を差し控えることになるのである。このようにしていずれのプレイヤーからみても、いったん事象 10 に落ちつけばさらにそこから自ら移行する動機を持たないことになる。これが事象 10 が均衡解となる理由である。

次に均衡解 13 について考える。その内容は **Table 1** より明らかなように、開発側が「山の手ゾーンの利用」を行い、防災側が「山腹ゾーンの保全・防災」、「縁辺道路をつくる」というものである。**Table 2** に示すように、開発側は事象 13 からの UI を持たない、つまり自身の戦略の変更を行ってもなんのメリットもないので、戦略の変更を行わないと考えられる。一方防災側は、事象 13 からは、事象 9 から 25 という UI

を持つ。

防災側の立場として、山腹ゾーンの防災工事には消極的であり、できれば山の手ゾーンの安全確保は、縁辺道路のみで済ませたいと考えている。従ってもし可能ならば、オプション「山腹ゾーンの防災」を取り下げるであろう（事象 9 へと移行する）。しかし山腹ゾーンの防災を取り下げると、今度は開発側は事象 9 に対する UI である事象 11 もしくは 10 へと一方的に移行するであろう。つまりこれは山腹ゾーンを開発してしまうことを意味している。これらはもちろん防災側にとって、もとの事象 13 よりも好ましくない。結局、防災側は事象 13 から 9 へ移行することを控えざるを得ないのである。

また今度は防災側が事象 13 から 25 へと移行することを考える。つまり、防災側が山腹ゾーンの防災を取り下げて、山腹ゾーンに対して開発条件を厳しくするとしたらどうなるだろうか。その場合、開発側は 25 からの UI として 26, 27 を持つ。つまり、開発条件を厳しくしたとしてもなおその状況下で、山腹ゾーンを開発しようとする。これは防災側にとって元の事象 13 よりも好ましくない。従って、この場合も防災側は一方的な戦略変更を思いとどまらざるを得ないのである。このようにして、いずれのプレイヤーにとっても事象 13 からさらに移行しようとする積極的な動機が存在しない。

均衡解 27 はどうだろう。均衡解 27 の内容は Table 1 によると、開発側は山の手ゾーンの利用も山腹ゾーンの開発も行い、防災側は縁辺道路をつくり、山腹ゾーンの開発条件を厳しくするというものである。

この事象は、開発側も、防災側も UI をもたない。つまりどちらのプレイヤーもいったんこの事象が実現してしまうと、自身の一方的な戦略の変更だけでは状況を改善することができないのである。この意味でこれらの均衡解はいずれも実現可能性の高い事象であるということがいえる。

これらの結果は次のように整理することができる。

- ①開発側が調整のイニシアティブを取ると、少なくとも山腹ゾーン（山麓上部の未開発部）の開発は可能になる。
- ②防災側のイニシアティブの取りようによっては、山腹ゾーンの保全・防災に落ちつく可能性もある。

### 3.4 協力ゲームとしてみたコンフリクト分析

これまでの、双方のプレイヤーは情報交換にもとづいて協力しあうことはないものとして、その落ち着く先を予測してきた。しかし、現実にはある程度の情報交換や協力体制が模索されるようになることも多い。そこで、各プレイヤーがメタゲームの結果を情報として共有、確認し、さらに交渉しあうならば、場合によっては新しい折衷案（山腹ゾーンを開発し、かつ縁辺道路を設ける案）の実現が可能であり、それがどちらにとってもより好ましい発生事象となり得る。

Fig. 3 よりも、事象 13 と 10 はパレート前線上にあると考えられる。すなわち、事象 13 からさらに双方の選好性を同時に向上させることはもはや無理で、例えば開発側の選好性をさらに向上させるには、防災側の選好性を犠牲にせざるをえない。その結果例えば発生事象 10 に移行することができる。しかし、実際問題として、発生事象から 13 から発生事象 10 へ移行することは、あまりにも開発側を優先することになり、防災側の了解が得られないであろう。むしろ逆に、発生事象 10 から 13 への移行の方が、わずかの開発側の犠牲より、両者の利害にバランスがとれて現実的にあり得そうである。あるいは、発生事象 13 から発生事象 9（開発側が山の手ゾーンを利用し、防災側は縁辺道路を作る）へ移行することについても両者の間に合意が成立する可能性がある。これは、非協力ゲーム（メタゲーム）を続ける限りは実現し得ない発生事象である点に留意したい。

一方、発生事象 27 は非協力ゲームの均衡解のひとつで、ゲームの展開次第ではそこから離脱できない可能性がある。しかし、これは決してパレート最適ではないので、両方のプレイヤーが協力しあえば、さらには発生事象 10（メタゲームの別の均衡解）に移行することができ、結果として双方の選好性を改善（パレート改善）することができるはずである。あるいは、開発側の若干の譲歩によって防災側の選好性とバランスをとる事態（発生事象 13 や 9）に至ることも期待できる。

このように、都市開発と防災への要請には明らかにコンフリクトが生じるが、両者が非協力的な対応に終始しているかぎり、その解決は双方にとって必ずしも望ましい結果に落ち着く保証はない。むしろ、両者がそのコンフリクトの構造を冷静に分析し、情報交換をして協力しあえば、どちらにとってもより好ましい結果やバランスのとれた結果に到達可能である。

#### 4. む す び

総合的な都市計画は本来、総合都市・防災計画の見地を持つべきであろう。本研究では都市開発と防災への要請の間に生じるコンフリクトの構造特性をモデル化するとともに、その適性な調整方式を検討するための基礎的分析アプローチを提示した。都市開発と防災のコンフリクトは決して相容れないものではない。むしろ、双方のオプションや戦略を工夫することにより、新しい開発・防災結合戦略の立案も可能である。本研究で述べた「縁辺道路」の建設はその一例であろう。また、双方がいたずらに非協力的対応に固執するよりは、互いに情報交換を行い、協力しあえば、より建設的なコンフリクトの解消が可能な場合も考えられる。本研究はこの点について基礎的な知見を提示しえたものとする。

なお、斜面都市の都市開発・防災のコンフリクトとしては、この他に河川流域整備と住宅団地開発問題が重要であろう。この点についても、筆者らは分析を行い、上述の結論をさらに一般化し得る結果を得ている。

今後の課題としては、まず、斜面都市の他の事例と比較・考察し、本研究で示した方法論の適用範囲を検証する必要がある。また、コンフリクトの解消過程は他段階のダイナミックなプロセスにその本質があるので、そのようなダイナミズムなメカニズムを明らかにする必要がある。このようなコンフリクトの創造的解消過程には、情報や技術、制度等の新規導入が関係している場合も多い。この点についても、ケーススタディに基づく分析とモデル化が必要であろう。また、コンフリクトの調整・評価のための重要な情報として、開発要請と防災要請のトレードオフを経済学的に分析することも必要であろう。以上、今後の課題として、研究を続けたい。

最後に本研究の推進に当たって、沢 恒雄氏（現日本総研）の全面的な協力を得た。また、データの収集やヒアリングに当たって、長崎大学工学部高橋和雄助教授ならびに長崎県、長崎市の関係各位のご協力を賜った。ここに記して謝辞とします。

#### 参 考 文 献

- 1) 沢 恒雄：斜面都市における都市開発と防災の調整問題に関する基礎的研究，京都大学工学部卒業論文，1992.
- 2) Howard, N: Paradoxes of Rationality, MIT Press, Cambridge, MA, 1971.
- 3) Fraser, N. M. and Hipel, K. W.: Conflict Analysis Models and Resolutions, North-Holland, New York, 1984.
- 4) 岡田憲夫他：コンフリクトの数理，現代数学社，1988.