

都市地下空間における空間利用計画に関する研究 A Study on Space Utilization of Urban Underground

平井 信夫*
Nobuo Hirai

要 約

近年、地下空間開発に向けて数多くの技術開発や実証実験など様々な取り組みがなされている。また、都市の未利用空間を活用するにあたり、都市空間の立体化や複合化をはじめ空間高度化の利用方策に多くの既往研究がある。しかし、空間開発の意義性に関しては十分論議し尽されておらず、特に地下利用計画と既存都市における都市空間の関連性については、まだ明らかにされていない状況にある。

そこで本論文では、特に都市部における地下空間開発の意義性に論及し、合わせて現状における空間利用の実態や未来型都市地下構想にみる開発コンセプトから、空間利用の要素を抽出し、今後の地下空間開発の方向性を探るものである。なお、本編は地下空間利用計画のあり方について考究したものであり、今後特に期待される都心部周辺の地下空間開発にあたっての考慮すべき空間概念を明らかにするものである。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 地下空間開発と空間創造
- § 3. 地下空間利用構想にみる開発コンセプトの意味分類
- § 4. 地下空間開発の方向性
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

地下空間は人類の活動領域と深い関わりを持ってきた。地下資源採取、貯蔵備蓄、ライフラインや公共交通など、人間生活との関係の中で地下に埋蔵されている資源を利用し、また地下を空洞空間として利用してきた。しかし今日、地下空間の新たな利用方策として、地下を都市空間の一部として位置付け、空間資源を積極的に利用する

ことに関心が寄せられている。ここで、地下空間利用の新たな展開として3つに大別することができる^{*)}。第1は地下資源採取跡地の大空間利用、第2は地下空間の環境資質を活用した施設開発、第3はとりわけ大都市周辺における地下の都市空間利用である。特に都市部における地下空間は、地上都市空間の一部であるという考え方にに基づき、都市機能の一部を地下に移易することによって地上部の都市機能を再編し、地区更新や良好な都市環境創造に役立たせるものである。

本研究は、このような背景のもとに、都市部の地下空間開発における空間の意義性に言及し、現状における地下空間利用の実態を踏まえながら、今後の地下空間開発の方向性を探るものである¹⁾²⁾。そこで、未来型都市地下構想にみる開発コンセプトから地下空間の開発要素を抽出し、数量化理論第Ⅲ類の解析手法を用いてプロジェクトのパターン分類を試みる。そして、その結果を用いて各々のプロジェクトが持つ意義性を分析し、地下空間利用のあり方について考察する。

*建築設計部企画開発課係長

§ 2. 地下空間開発と空間創造

今日、地下利用に対する需要は高まりつつある。地下の利用空間は地下深度によって浅深度・大深度に分けられるが、とりわけ浅深度において、首都圏への都市機能の集中や土地不足・地価高騰をはじめ都市景観や地域環境への配慮により、都市施設の地中化が推進されている。特に建設省では、道路下空間の積極的な利用促進を図っている。例えば、都心部地下においては、地下自動車道路、地下電力施設、地下自転車駐輪場や地下駐車場などであるが、いずれも浅深度利用である。

一方、今日の都市社会構造において、都市環境を構成する快適性要素のうち、利便性や安全性など従来からある要素の他に、情報環境などの環境資質を考慮した新たなパラダイムの構築が望まれている³⁾。都市部における地下空間においても同様であり、例えば、地下街や地下鉄道などは地下空間の演出や快適性が重要な空間要素として取り入れられ、地下特有な環境資質が地下空間デザインとして整備⁴⁾されている。

このように、地下空間を貴重な都市空間として位置付けるにあたっては、地下空間の総合的な計画に基づく開発利用が望まれる。特に都心部においては、都市機能の過度な集積を誘発させることなく都市構造を再編し、市街地の秩序ある空間として資することが重要と考える。そこで、今後期待される大深度地下空間の利用に際しては、計画的な空間創出の中で空間価値を高めた積極的な整備誘導が必要である。

§ 3. 地下空間利用構想にみる 開発コンセプトの意味分類

3-1 調査目的

1980年頃から1990年代初頭にかけて宇宙・海洋・地下のフィールドに未来型の空間利用構想として数多くのニューフロンティア・プロジェクトが提案された。宇宙においては1981年のスペースシャトルの成功により、海洋においては1985年頃からの第3次海洋開発ブームにより構想提案が活発化された。また、地下のフィールドにおいては、1982年尾島俊雄のアングラ東京構想が発表されたのを契機に、官・民から数多くの構想提案があった。本研究では、未来型プロジェクトの計画理念が社会システム上どのような意味合いを有しているのかを明らかにするため、数量化理論第Ⅲ類の解析手法を用いて要素分析を試みる⁴⁾。

3-2 調査対象および評価項目

調査対象としては、今までに日本で提案されてきた数多くの構想計画の中から、主として大都市および大都市周辺の地下に立地し、都市地下構想として都市機能が備わり都市地下建設を目的とした構想で、データ入手可能な構想計画を選定した。従って、単に地下鉄道などの交通インフラストラクチャーや地下駐車場のみの単一施設開発の構想は調査の対象から除外した⁵⁾。

表-1に調査対象とした27の構想計画を示す。これらの構想計画は、主として民間企業、特に建設会社から発案されたものであるが、構想の出所に作為的なものはない。また、各社のサンプル数の違いは構想の内容で抽出されたものであり、提案の多寡による企業間格差は分析に依存されるものではない。

表-1 調査対象とした構想計画

構想提案会社	構想計画名
1 (株)大林組	アンダーグラウンド・テクノピア構想
2	アングラード構想
3 (株)奥村組	デュアルアーバンネットワーク構想
4 (株)熊谷組	オデッセイA21構想
5	ハイランドグリーンポリス構想
6 (株)鴻池組	サーモクリーントランジット構想
7 五洋建設(株)	レーザーシェル構想
8 佐藤工業(株)	大深度地下ステーション構想
9 清水建設(株)	アーバンジオグリッド構想
10 (株)白石	ハニカムマトリックスシティ構想
11	アリスシティネットワーク構想
12 大成建設(株)	東京クリーンネットワーク構想
13 (株)竹中工務店	ジオブロックネットワーク構想
14 鉄建建設(株)	深層都市21世紀大深度高速地下鉄道構想
15 東急建設(株)	ジオトラポリス構想
16	HEART構想
17	TUBE構想
18 戸田建設(株)	ニューロシティ構想
19	ジオアトリウムプラザ構想
20 西松建設(株)	新江戸構想 深部地下空間利用
21 日産建設(株)	ジオフロントシティ21構想
22	GIA構想
23 (株)間組	スーパーリザーバトンネル構想
24 (株)フジタ	ジオポット構想
25 不動建設(株)	アーバンジオフレートライナー構想
26 前田建設工業(株)	MACS-G・PATIO構想
27 三井建設(株)	リゾームネットワーク構想

評価項目は、立地場所や規模・用途、開発効果などに着目し表-2のように設定した。評価項目におけるアイテムの設定に際しては、調査対象とした構想計画が形態上分別しやすい項目を選定し、その中から4評価項目に設定した。カテゴリーの設定にあたっては、反応パターンの度数分布を作成し、極端に片寄らない程度にカテゴリーを設定し統廃合を試みた。

表一 調査の評価項目

カテゴリ アイテム	1	2	3	4	5
1.立地場所	都心部	首都圏	臨海部	地方中核拠点都市	丘陵・山岳/その他
2.地下深度	浅深度(~50m)	大深度(50m~)	超大深度(数百m以深)	—	—
3.用途機能	複合都市施設	業務系複合施設	工業生産系複合施設	住居系複合施設	都市基盤施設
4.開発効果	都市機能分担	都市拠点形成	都市連担	都市環境創出	基盤整備

3-3 解析方法

本調査で用いた解析方法は、数量化理論第Ⅲ類と呼ばれるパターン分類法である。この分類法では、アイテムとカテゴリで示された特性項目（評価項目）および、それに反応した個体（サンプル）で構成されたデータ行列が用いられ、それらがどのように反応したかによって類似した反応パターンを集め分類しようとする方法である。さらに、求められた固有値に対応する固有ベクトルを最小次元の空間に布置することによって、集塊された特性項目や個体の意味解釈を行い、分類性状を把握するものである。

ここで、個体を X、特性項目を Y とするとその相関係数 r_{xy} は次式で求められる。

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M \delta_{ixj} - \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \delta_{ix} \right\} \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^M \delta_{jy} \right\}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \delta_{ix}^2 - \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \delta_{ix} \right\}^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^M \delta_{jy}^2 - \left\{ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^M \delta_{jy} \right\}^2}}$$

これらの相関係数 r_{xy} を最大にする数量は、 $X_i (i=1, 2, \dots, n)$ と $Y_j (j=1, 2, \dots, M)$ について偏微分して得た固有方程式で計算される。

通常、求められた解のうち最大相関係数 r_{xy} に対する数量と第 2 相関係数 r_{xy}^2 に対する数量を求め、直行座標（平面空間）に散布図を描き、それらの分類と解釈づけを行っている。なお、固有値の収束状況や 2 軸の解釈づけが不明瞭な場合には、第 3 相関係数 r_{xy}^3 に対する数量を求め、3 次元空間（立体空間）に描き意味解釈することもある⁶⁾。

3-4 解析結果および考察

図一 1 は数量化理論第Ⅲ類で求めた解のうち、最大固有値とその固有ベクトルを示したものである。この図より、固有値は 0.7211 で非常に大きな値を示し、第 1 根の説明力が高いことを表している。また、全アイテムのレンジが平均的に 3.0 前後の高い値を示し、各々の評価項目の分別の良さと解析のあてはまりの良さを示している。

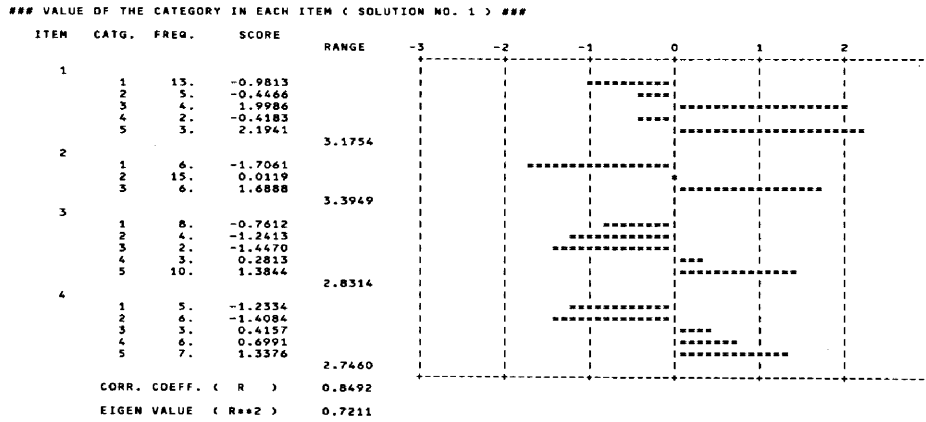
同様に図一 2 は第 2 根を示したものであり、固有値は 0.5963 である。特に第 3 アイテムすなわち用途機能のレンジが高く、とりわけ第 3 カテゴリの工業・生産系複

合施設が他の評価項目に比べて特異な反応パターンを示すことがわかった。なお、第 3 根は 0.5286 であり、ほぼ第 3 根までに説明力があると判断した。

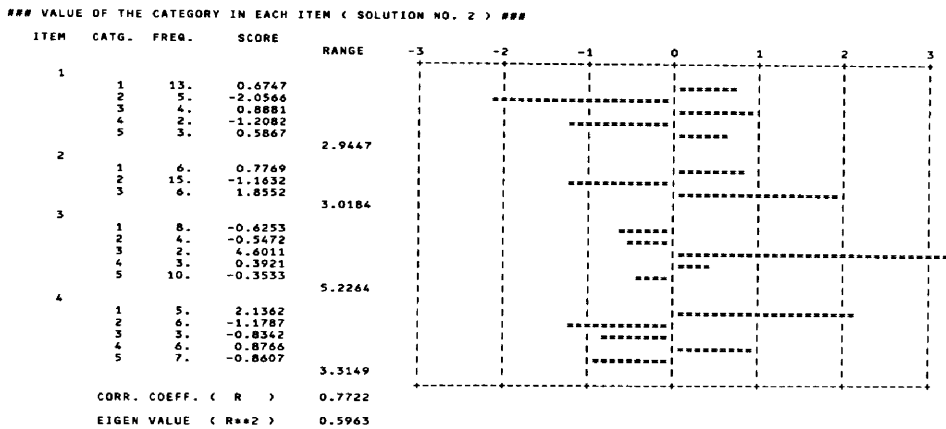
図一 3 は数量化理論第Ⅲ類で求めた解のうち、X 軸と Y 軸の 2 次元座標にそれぞれ第 1 根と第 2 根の固有ベクトルを布置したものである。この図に示された評価項目の分布性状から評価軸の意味解釈をすると以下のように読み取れる。すなわち、図一 1 に示されるレンジの高い第 2 アイテムや第 1 アイテムは図一 3 の X 軸上正負方向にそれぞれのカテゴリの振れが大きく、一方、第 3 アイテムや第 4 アイテムは Y 軸上の正負方向に振れが大きいことがわかる。また、X 軸の正の方向には立地場所の臨海部や丘陵・山岳部、地下深度の超大深度が布置され、X 軸の負の方向にはそれらと逆に、浅深度・業務系複合施設などの評価項目が布置されていることから、それぞれの構想が持つ立地深度の差による計画内容や付加機能の違いを意味していることが理解できる。一方、Y 軸の正方向には、前述のレンジを高めている第 3 アイテムの第 3 カテゴリが布置されていることから、ある特定用途の施設特化型として、負の方向には首都圏や都市拠点形成など複合用途空間の評価意味軸として読み取れる。

このような意味解釈のもとに、各構想のカテゴリウエイトからサンプルバリューを求め、これを 2 次元座標空間に布置したものが図一 4 である。この図に示される分布性状により、大きく 3 つのグループに分類される。まず、X 軸の正方向にテクノピア構想やレーザーシェール構想、アングラード構想などのような臨海部立地型やハイランドグリーン構想やリザーバートンネル構想、サーモクリーン構想などの丘陵・山岳立地の資源インフラストラクチャー型が 1 つのグループを形成していることが確認される。第 2 のグループは Y 軸の正方向に位置し、東京クリーン構想や HEART 構想などの環境問題に配慮した施設特化型であることがわかる。第 3 のグループはさらに 3 つの小さなグループに蒐集され、TUBE 構想、深層都市構想、ジオポート構想、プレートライナー構想の交通インフラストラクチャーとしてのネットワークを主題にした構想群、GIA 構想に代表されるような都心部に立地しその施設が開発トリガーとなって都市環境を向上させる意味を持つ構想群、そしてニューロシティ構想、大深度地下ステーション構想、ジオフロントシティ構想など比較的単一拠点ではあるが都市環境の創造をめざす構想群に分類されることが確認された。

さらに、図一 4 のパターン分類された個別の各グループと、図一 3 に示されるカテゴリスコアの散布状況を重ね合わせると、以下のような地下空間利用構想に関する



図一1 第1根の固有値と固有ベクトル



図一2 第2根の固有値と固有ベクトル

るプロジェクトの意味分類が可能になる。

- I：臨海丘陵立地型 大都市近郊の臨海部・丘陵部に立地し、特に都心部の都市問題を大規模なインフラ施設によって解決しようとする構想群。
- II：施設特化型 ゴミ処理やリサイクル機能を主題とした構想群で、都心地下あるいは都市近郊に立地し処理ネットワークを形成する構想群。
- III：インフラ整備型 複合都市機能型の1つの構想群で、交通インフラのネットワークによって都市の交通網再整備をねらいとした構想群。
- IV：開発トリガー型 複合都市機能型の1つの構想群で、都心部の活力を補完し快適性に配慮するとともに都心機能のコア部をネットワーク化することによって分散型都市地下を形成する構想群。

V：都市環境創造型 複合都市機能型の1つの構想群で、都心部業務複合機能や生活環境の便益に供し都市環境を創造する構想群。

これらの結果より、都市地下の未来型構想においても、各々の構想を立地場所や用途機能などの形態や計画内容を評価項目として解析することによって、いくつかのパターンに分類され、それぞれの構想が持つ計画のねらいやコンセプトに大きな意味のある違いが存在することが明らかになった。

§ 4. 地下空間開発の方向性

将来の都市地下空間における空間利用の方向性を把握するために、現在発表されている都市地下構想を解析した結果、大きく5つのグループに類別化されることが明らかになった。また、地下の空間資源を有効に開発利用するには、本分析からも明らかなように、地下と地上の一体的空間利用が望まれ、既存都市との機能分担から、

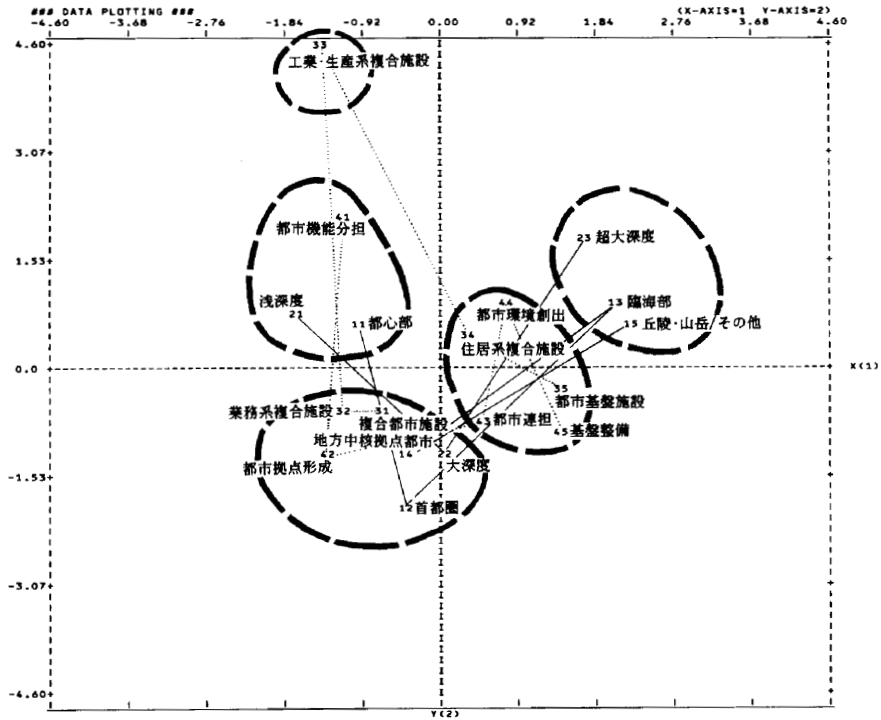


図-3 カテゴリー数量の散布図

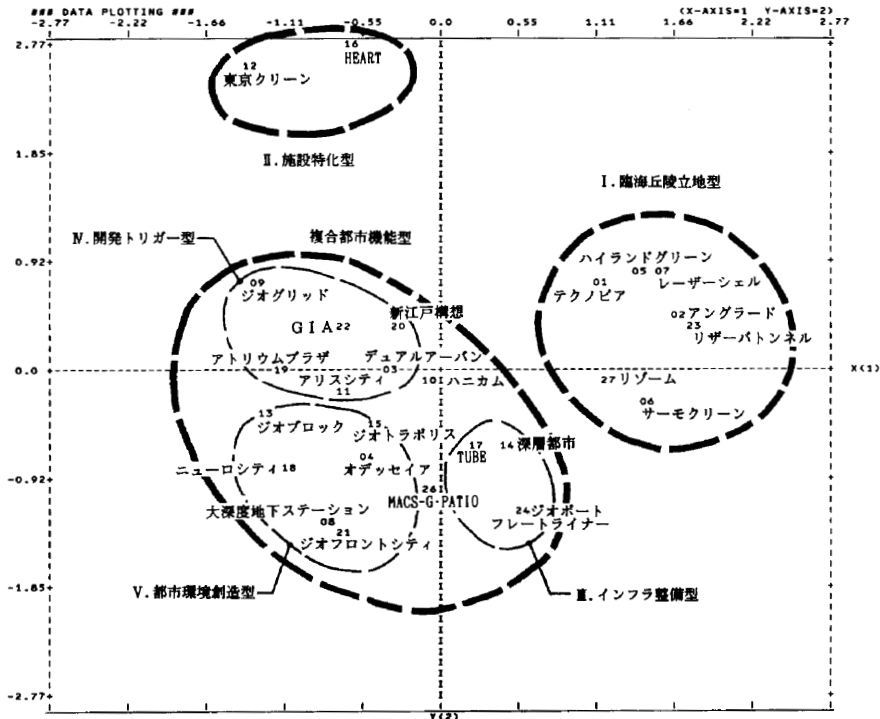
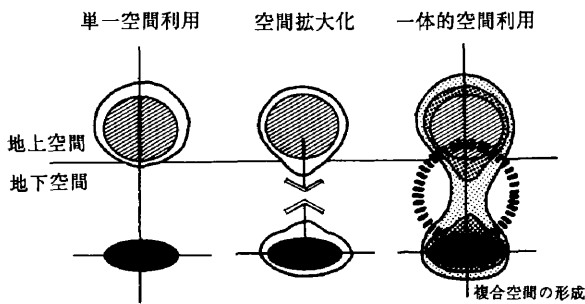


図-4 サンプル数量の散布図

より複合化した機能の連担へと空間活用することが考えられる。今後の空間開発の方向性として、図-5の空間利用における拡大パターンのイメージ図に示すように、交通施設やライフライン系の「インフラ整備」を目的とした単一用途の地下空間利用から、それが1つの「開発トリガー」となって次第に地上の都市空間機能を連担し、「都

市環境の創造」をめざした空間の有機的機能連携として都市地下空間が発展していく方向が考えられる。合わせて、都心部の地下や都市部近郊の未利用空間、例えば「臨海部や丘陵・山岳部」において立地特性を十分考慮した地下の空間開発が今後の1つの方向性として考えられる。



図一5 地下空間利用の拡大パターン*3

§ 5. おわりに

数千年の昔から地下居住として存在する中国のヤオトンをはじめ今日まで様々なかたちで地下を利用してきた。そして、地下空間を人間の活動領域として、より安全で快適な空間を創出するために、地下空間利用技術や開発実験などが行われてきた。特に近年にみられる首都圏を中心とした土地不足や地価高騰を背景に、都市問題解決のための数多くの都市地下構想は、空間的に最も配慮を必要とする浅深度地下空間から超大深度まで様々な提案がなされてきている。さらに、地下の空間利用に際しては、都市計画上の計画的対策と防災技術の確立なくしては成立しない¹⁾。その上で、都市部地下の未利用空間に都市機能を持たせることについては、今後の総合的な都市空間整備において大きな意味がある²⁾と考える。すなわち、従来のように平面的な都市計画においては地下の権利関係や土地利用に限界が生じるからである。街区単位あるいは複数街区から都市間ネットワークといった地下空間利用においては、新たな都市のメガストラクチャーとして地上・地下を含めた3次元的空间利用の考え方³⁾や、それらを対象とした空間整備手法の確立が望まれる。

華々しく見える未来型の都市地下空間利用構想は、人間の活動領域や都市施設のすべてを地下空間に閉じ込めるものではない。地上空間との空間的共存があってはじめて、それらの構想計画の意義が生かされるのである。

補注

*1: 渡部與四郎⁹⁾は、ニューフロンティアとしての地下空間を①寒冷・積雪地帯における地下の恒温性を利用したオアシス化、②地下資源取得後の空間資源活用、③高地価の都市更新、として3つの地下利用の方向性を位置付けている。

*2: 例えば、都営地下鉄12号線や仙台地下鉄、神戸ハーバーランドへ続くデュオこうべなど近年の地下鉄や地下街などには空間デザインに配慮した多くの事例があ

る。また、地下空間デザインの研究分野に近年多くの既往文献がある。地下にあっても囲繞性や閉鎖性、恐怖感などといった地下空間構成から人間の環境心理まで様々な研究成果があげられる。さらに、従来では高層建築の空間設計手法の一部としていたサンクンガーデンは、地下空間デザイン上の有機的な結合空間として考えられ、地下と地上との一体的複合開発の計画手法として位置付けられている。

*3: 横内憲久¹⁰⁾¹¹⁾は空間の発展パターンをダイアグラムで説明づけている。地下空間開発の方向性においても、地上空間と地下空間の一体的複合利用を考えるには同様な発展パターンの考え方があてはまる。

参考文献

- 1) Kurihara K., Kitagawa T., Hirai N., et al.: A Conception and Some Subjects on the Utilization of Subsurface Space - Investigations on Safety in the "NEO-EDO CONCEPTION"-, Urban Underground Utilization'91, 4th International Conference on Underground Space and Earth Sheltered Buildings Final-Report proc., pp.407-414, December 1991.
- 2) 杉村正次・平井信夫・他: 地下空間利用構想と解決すべき課題(「新江戸構想」における安全性の検討), 西松建設技報, Vol.15, pp.113-118, 1992.
- 3) 吉本陽子・平井信夫・長谷川康子: 情報化社会における都市環境アメニティ要素の評価, 環境情報科学, Vol.22-No.2, pp.135-140, 1993.
- 4) 平井信夫・他: 海洋空間利用構想における現状と今後の展開に関する研究, 西松建設技報, Vol.16, pp.87-94, 1993.
- 5) 西淳二: 都市地下空間利用と都市計画-民部門による地下都市構想, 都市計画, No.167, pp.62-68, 1991.
- 6) 林知己夫, 駒澤勉: 数量化理論とデータ処理, (株)朝倉書店, pp.89-98, 1982.
- 7) 伊吹山四郎: 大都市の地下空間-地下空間開発の展望, 土木学会誌, Vol.74, p.1, 1989.
- 8) 小沢一郎: 都市再生と地下空間利用, 都市地下空間活用研究, No.22, pp.11-13, 1993.
- 9) 渡部與四郎: ニュー・フロンティアのはなし, 技報堂出版(株)pp.57-60, 1991.
- 10) 横内憲久・平井信夫: 沿岸海域利用計画に関する研究, 日本建築学会論文報告集, No.277, pp.127-135, 1979.
- 11) 長谷川文雄・ヒューマンルネッサンス研究所: 定住を超えて-マルチハビテーションへの招待, (株)清文社, pp.196-199, 1993.