

大深度地下利用の経済合理性

- 都市鉄道を例にとって -

平成13年4月から「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が施行されたが、大深度地下の使用に際しては、各事業施設の特性を考慮した上で適正かつ合理的に行われることが望まれる。本稿では、都市鉄道を例にとり、浅深度地下利用と比較してどのような場合に大深度地下利用が経済合理的であるかを定量的に分析する。また、深さ方向における利用調整にあたり、施設の優先関係がどのように決定されるべきかについて基礎的な分析を行う。

キーワード | 大深度地下，経済合理性，利用調整

家田 仁
IEDA, Hitoshi

工博 東京大学大学院工学系研究科教授（社会基盤工学）

丹羽隆泰
NIWA, Takayasu

パシフィックコンサルタンツ株式会社交通技術本部鉄道部

坂井 功
SAKAI, Isao

工修 沖縄総合事務局開発計画部港湾計画課長
前国土交通省政策統括官付政策調整官室専門官

中井智洋
NAKAI, Tomohiro

内閣官房都市再生本部事業局主査
前国土交通省政策統括官付政策調整官室総合交通第一係長

1 はじめに

土地利用の高度化・複雑化が進んでいる大都市地域においては、鉄道をはじめとする公益・公共事業を地上や浅い地下（以下、「浅深度地下」）において効率的・効果的に行うことが難しくなっており、ビルの地下室などといった利用が通常行われない大深度地下空間の公益的な利用が期待されてきた。これらの状況を踏まえ、本年4月から「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」（付属資料参照。以下、「大深度法」）が施行され、定められた条件を満たす場合には、用地補償などを伴うことなく、公益施設が民地下を利用できるようになった。しかし、大深度地下は大都市地域に残された貴重な空間であり、大深度地下の利用、施設配置については、早い者勝ちや虫食いの乱開発を避けるため、事業間、施設間で空間の利用調整を行い、適正かつ合理的な利用を図ることが求められている。

こうした背景のもとに、本稿ではまず、どのような場合に大深度地下利用の経済的優位性が発生するのか、換言すれば、大深度地下利用は浅深度地下利用と比較してどのような場合に経済的であるかを、都市鉄道を例にとって検討する。大深度法は、大深度地下空間の適正かつ合理的な利用を図ることを目的としており、各事業、施設の特性を考慮した国による適切な利用調整を要請している。これは、大深度地下空間が、平面的には広い空間である半面、深さ方向には現時点では技術的に利用可能な範囲が地下40m～100m程度の空間であると

されており、深さ方向には制約の強い空間であるためである。しかし、事業間の利用調整をどのような考え方に基づいて行うべきかについては、十分具体的な研究がなされているとは言いがたいのが現状である。このため、本稿では大深度地下における深さ方向における利用調整にあたり、経済分析的な考え方に基づく合理的判断によって、各事業の優先関係を判定するための方法について基礎的な分析を行う。

2 地下利用の経済合理性の分析

2.1 分析フレームと前提条件

ここでは、都市鉄道を例にして、地下に整備する際に必要となる各種の費用を比較評価するために、以下のようなモデル分析を行う。

まず、都市鉄道の基礎的な計画要素として、深さと線形を考える。これらの変数を変化させることにより、広義の費用が変化する。費用の中には、用地費や土木工事費に加えて、利用者にとっての利便性（時間費用）に関わる要素がある（図 1）。

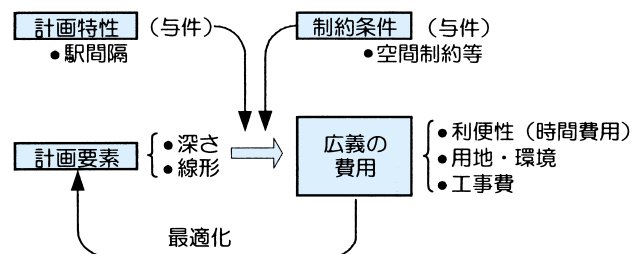


図 1 基本的な考え方

都市空間に整備される鉄道といっても、新幹線や地下鉄等、様々な種類が存在し、その特性の違いを計画に反映する必要がある。これらの鉄道における特性の違いの最たるものは速達性であり、これは駅間隔の大小で代表することができる。これが計画特性に関する与件である。

本来、地下鉄道は、地上へのアクセス上も浅い位置に整備することが望ましいが、既存の構造物や埋設物を避ける必要から、深い位置に設置せざるを得ない等の空間制約が生じる場合もある。

都市鉄道の計画問題とは、このように計画特性と制約条件を与件にしながら、広義の費用を考慮して、深さと線形を最適に決定するという問題といえる。

検討モデルとして、大都市地域を通るトリップ長20km

表 1 検討モデルの前提条件

条件等		考え方、設定ケース等
項目		
線路長(直線)		20km
ルート		大都市地域(首都圏)の高度市街地(例えば山手線内側)と高度市街地外(郊外)を結ぶルート
駅中心間隔		①2km ②5km
深度	駅間トンネル土被り	①10m ②20m ③30m ④40m ⑤50m
	駅掘削深さ ^{注1)}	① 駅部だけ浅くする(掘削深さ20m) ② トンネル深さに応じた駅深さ(掘削深さ20m~60m)
通過地価	高度市街地 ^{注2)}	①300万円/m ² ②200万円/m ² ③100万円/m ²
	高度市街地外	①100万円/m ² ②55万円/m ²
曲線半径 ^{注3)}		①200m ②800m ③2000m

注1) の場合、駅間の最急勾配は35/1,000とする。また、駅間距離が短く最急勾配でも駅と駅が接続できない場合は駅を5.5m単位で深くする。
 注2) 最有効建物として地上5階以上で、かつ、地下階層を有する建物が連担することが、客観的に合理的であると認められる宅地をいう。なお、最有効建物とは「公共用地の取得に伴う損失補償基準細則」に規定されている、「使用する土地を最も有効に使用する場合における階層及び用途」の建物を示す。
 注3) 500mメッシュ道路網を仮定し、連続した曲線半径で起終点を結ぶものとする。

表 2 試算の前提条件

項目	土木工事費単価 ^{注)}			立体利用阻害率	
	開削駅・立坑 (万円/m ³)	シールド駅 (百万円/m)	駅間複線シールド トンネル部 (百万円/m)	高度市街地	高度市街地以外
トンネル土被り(m)					
10	5	—	5	想定最小値：10% 想定最大値：29.3%	29.6%
20	7	—	5		22.1%
30	10	40	5		14.6%
40	12	40	5.25		7.1%
50	14	40	5.25		0.0%
備考	各ケース間の比較を目的とした概略値である ・インフラ外の施設、特殊工事は含まない			・地上の最高階層(8階) ・建ぺい率80%、容積率700% ・想定最小値(建物阻害生じない) ・想定最大値(5階以上が阻害)	・地上の最高階層(3階) ・建物阻害生じない

注) 参考文献2), 3) より設定。

のルートを想定し、駅間隔、整備深さ、地域の特性と設計曲線半径を変数として検討した。なお、ここでは、大深度地下を「地表から40mより深い地下」と簡略に定義し、土被り40mを超える深さの施設については用地補償費が不要とした。検討モデルの前提条件を表 1に示す。また、試算の前提条件を表 2に示す。用地費は、駅間トンネル部においては用地補償費を計上し、駅及び立坑は道路下に設置されるものとして用地費を計上しないものとした。用地補償費は以下により算出した。

$$\text{用地補償費} = (\text{トンネル幅} + 1.0\text{m}) \times \text{延長} \times \text{地価} \times \text{立体利用阻害率}$$

ここで、立体利用阻害率は、「公共用地の取得に伴う損失補償基準細則(用地対策連絡協議会理事会決定。以下「補償基準」)」によった。

表 3はモデル的な格子状の市街地に鉄道を通す際、曲線半径を200m, 800m, 2,000mとした場合に、民地下を利用せざるを得ない延長割合と、全線が直線である場合と比較した総延長の増大率とを示している。曲線半径を大きくすると民地を利用する率が増えることになる。同時に曲線半径が大きくなると直線に近づくため、延長は短くなる。R = 200mという現在の地下鉄クラスのもの、R = 2,000mという高規格の鉄道を比べると、延長には約1割の違いが生じる。民地利用率では約2割違うことになる。これらを以下の検討の前提とする。

2.2 金銭的費用から見た地下利用の費用比較

以上の前提に基づいて、駅間隔や地域特性及び地価を変化させた幾つかのケースについて、大深度地下利用の経済合理性を検討する。

表 3 曲線半径と民地利用率及び延長増大率

曲線半径	民地利用率	延長増大率
200m	55%	20%
800m	70%	14%
2000m	78%	10%

注) 延長増大率は、直線で結ぶ場合を基準としている。

2.2.1 都心地下鉄整備のケース

図 2は、駅間隔が2kmで、ルート通過地は地価300万円/m²の高度市街地の場合に、曲線半径と深さを变化させたときの建設費を比較したものである。なお、横軸は直線20kmに対する1kmあたりの建設費を示す。

深さが10m～30mの範囲では高度市街地の場合、「補償基準」による用地補償費がほとんど変わらず、しかも、この程度の深さでは、深さが変化することによる工事費の変化は小さいので、整備費は図 2に示すようにほぼ一定の値となる。

深さ40mで急に整備費が高くなっているのは、勾配の制約から、駅間隔2kmでは、浅い位置に駅が作れず、駅が深くなり、掘削量が増えるためである。

浅深度地下領域では、曲線半径を大きくすると民地利用率が高くなり用地費が増大する。ここで、用地費が建設費に占める割合はR = 200mの場合、30mまでの深さで約40%、40mの深さで約36%となる。R = 2,000mの場合、それぞれ約50%、45%となる。すなわち、駅間隔が2km程度で地価300万円/m²の高度市街地を通るケースでは、曲線半径を小さくして極力道路下を利用した方が効果的というもっともな結果となる。これは、従来の地下鉄整備のルート計画思想と一致している。

ところが、大深度地下の利用を前提とすると、用地費が発生しなくなるため、曲線半径を大きくとり、延長を短縮する戦略が効果的となる。また、曲線半径の大きさに関わらず、大深度地下を利用とした方が安くなる。

2.2.2 郊外に地下鉄整備のケース

図 3は、駅間隔2kmで、高度市街地以外の地域の場合である。この場合は高度市街地ではないため、立体利用障害率は、深くなるほど低くなる。いずれの深さでも曲線半径が大きい方が経済的な結果になる。これ

は、用地費が約5～15%となり、前述のケースの40%～50%という値に比べるとウエイトが非常に小さく、民地利用率の増大よりも延長が短くなる効果の方が効くためである。この場合、深さ30mに整備するのが最も効果的である。大深度地下では用地費が発生しないものの、建設費に占める用地費の割合が2%～4%と建設費に与える影響が小さく、深くなる立坑や駅の工事費増大の方が建設費により強く影響するためである。実際、駅間隔が2kmの場合には、駅部の工事費は全体の4割～5割を占めている。

2.2.3 郊外に高速の地下鉄整備のケース

駅間隔を5kmに増大すると図 4のように状況は大幅に変わってくる。深さ10mのような浅い位置では用地費の比率が約20%～30%になるので、曲線半径が小さい方が建設費は低いが、それよりも深い位置に建設する場合には、延長増大の影響の方が効くので曲線半径が大きい方が廉価となる。全体でみると、深い位置を利用した方が効果的という結果になる。

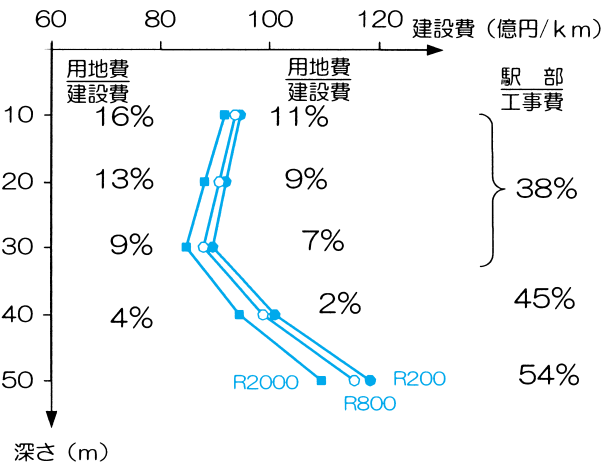


図 3 駅間隔2km・高度市街地以外の地域・地価50万円/m²の場合の深さと建設費の関係

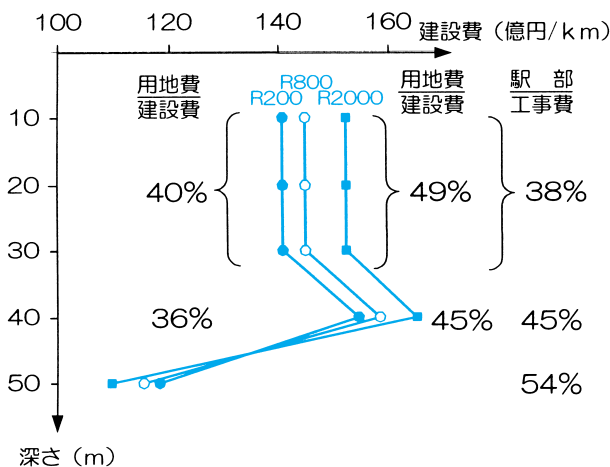


図 2 駅間隔2km・高度市街地・地価300万円/m²の場合の深さと建設費の関係

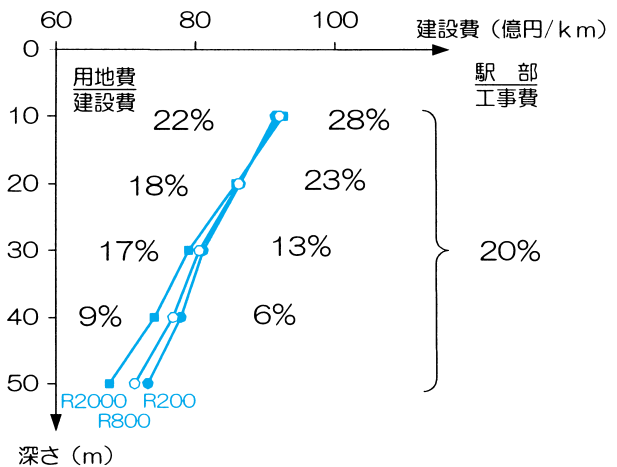


図 4 駅間隔5km・高度市街地以外の地域・地価100万円/m²の場合の深さと建設費の関係

以上をとりまとめると表 4 のようになる。駅間隔5kmの場合、高度市街地であれば大深度地下を利用した方がよい。高度市街地以外の地域では、地価の高低に応じて結果が変わってくる。駅間隔2kmの場合、地価が非常に高いところでは、大深度地下を利用した方が効果的であるが、それ以外の場合では、どちらともいえないか、または否定的な結果となる。

駅間隔2kmの短い場合であっても、導入空間の制約等の諸事情で、浅深度地下に駅を構築することができない場合がある。図 5 に示す通り、通常は浅深度地下に整備した方が廉価になるが、駅を浅い位置に作ることができない場合には、大深度地下利用の方が経済的という結果になる。つまり、表 4 のとおり駅間隔が2kmと短く、地価が100万円/m²クラスであっても、大深度地下の利用が正当化されることがあるということになる。

2.3 利用者の利便性を考慮した分析

次に、前述の金銭的費用に、利用者の利便性に係る時間費用を加え、同様に大深度地下利用の意義を検討する。

表 4 大深度地下利用の経済合理性

地 域		高度市街地			高度市街地以外	
地価 (万円/m ²)		300	200	100	100	50
駅間距離	2Km	+	△(+)	-(+)	-	-
	5Km	+	+	+	+	△

- () : 浅い位置に駅を構築し難いケース
 + : 大深度地下の利用が経済的
 - : 大深度地下の利用が不経済
 △ : どちらともいえない

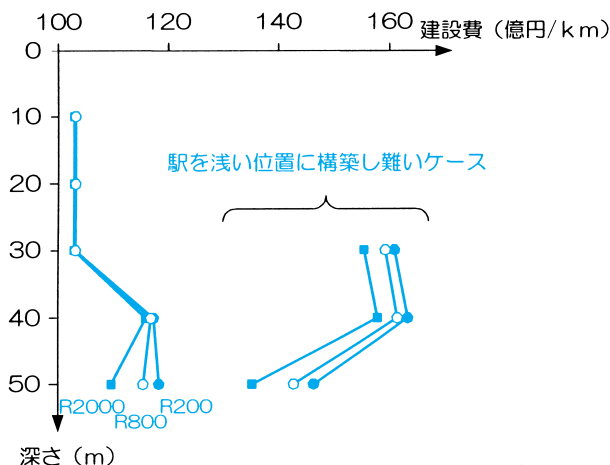


図 5 駅間隔2km・高度市街地・地価100万円/m²の場合の深さと建設費の関係 (駅を浅い位置に構築し難いケース)

表 5 は、駅間隔5kmの場合の、曲線半径と深さ毎の、地上とホームとのアクセス・イグレス時間、乗車時間、及びその総計を、深さ30m、R = 800mを基準とした時の相対的な所要時間差で整理したものである。まず、アクセス・イグレス時間をみると、深さ30mまでは最急勾配の制約を受けずに浅い位置に駅を作ることができるため、時間の増減はないが、深さ40m、50mになると駅が深くなるため、アクセス・イグレス時間がそれぞれ1.3分、2.7分長くなる。曲線通過速度の制約からは、曲線半径が大きくなるほど表定速度を速くすることが可能となり、乗車時間は短縮される。R = 2,000mでは表定速度を80km/時程度とすることができるため、表定速度が75km/時程度であるR = 800mの基準ケースと比較して、20kmの区間で所要時間が約2分短くなる。逆に、R = 200mでは表定速度が45km/時程度となり、20km区間の所要時間が約14分長くなる。

表 6 は、表 5 に示す結果をもとにトリップ長20km、利用者数25万人/日、時間価値2,000円/時間、社会的割引率4%/年、評価期間30年と想定して、所要時間の短縮や増大による時間費用を単位延長あたりの現在価値で求めたものである。例えば、R = 800m、深さ40mでは、延長1kmあたり18億円、深さ50mでは相対的に39億円の時間費用が増加する。こうして計算された時間費用を前述の金銭的費用に加える。

表 5 線形及び深さと所要時間

(単位:分/トリップ)

深さ (m)	曲線半径	R200			R800			R2000		
		A	L	T	A	L	T	A	L	T
10m		0	13.7	13.7	0	0	0	0	-1.9	-1.9
20m		0	13.7	13.7	0	0	0	0	-1.9	-1.9
30m		0	13.7	13.7	基準0			0	-1.9	-1.9
40m		1.3	13.7	15.0	1.3	0	1.3	1.3	-1.9	-0.6
50m		2.7	13.7	16.4	2.7	0	2.7	2.7	-1.9	0.8

・駅間隔5km A: アクセス・イグレス時間, L: 乗車時間, T: 総計

表 6 線形及び深さに応じた時間費用

(億円/km)

深さ (m)	曲線半径	R200	R800	R2000
		10	197	0
20	197	0	△27	
30	197	基準0		△27
40	216	18	△7	
50	236	39	12	

- ・トリップ長 20km
 ・時間価値 2,000円/時間
 ・評価期間 30年
 ・利用者数 25万人/日・往復
 ・社会的割引率 年4%

図 6は、駅間隔5kmで、高度市街地、地価100万円/m²のケースで金銭的費用のみを整理したものと、それに時間費用を加味したものである。時間費用を加味すると、金銭的費用のみを考慮する場合とは異なって、R = 2,000mという大曲線を採用し、しかも浅い位置に作る方が効果的という結果となる。つまり、駅間隔5kmといった大深度地下空間に向けたケースであっても、利用者の利便性をも考えると、大深度地下の利用が望ましいという結果には必ずしもならないことを示している。

同様に、駅間5kmで高度市街地以外の地域の場合を図 7でみると、金銭的費用上は大深度地下が有利ということになるが、利用者の利便性をも考慮すると、深さ30mの方が効果的ということになる。

以上のように、金銭的費用のみをみれば、高度市街地や高速地下鉄の場合などに対しては、大深度地下利用の経済的優位性が認められたが、利用者の利便性をも考慮すると、大深度地下空間では地上とのアクセス時間に課題が残ることが明らかとなった。

こうした結果は、大深度地下空間の合理的な活用のためには、大深度地下駅における地上とのアクセス方法として、従来型のエスカレーターのような低速な手段

に換わる高速な手段を導入することが重要となることを示している。アクセス時間の短縮は、利用者の利便性向上ばかりでなく、避難上の安全性向上にも資することとなる。大深度地下を利用した鉄道が、大都市における鉄道整備の一形態として重要な役割を担うためには、アクセスのスピードアップに係る技術開発を積極的に行っていく必要があるといえよう。

なお、以上は、土木工事費、用地費、利用者の利便性低下に伴う時間費用等のコストについて検討したものである。しかし、これら以外にも、大深度法による場合、地権者と事業者の用地交渉に要する期間や労力等が低減するなど、現時点では定量的に検討することが必ずしも容易でない効果も明らかに存在する。したがって、こうした効果をも考慮すると、上述した大深度地下利用の経済合理的な成立範囲が広がる可能性も高い。

3 大深度地下における深さ方向利用調整の検討

3.1 深さ方向利用調整の基本的な考え方

今、二つの異なる施設が同一の深度に整備を希望しているものとする。どちらか一方に優先権を与えれば、他方はその下方に整備せざるを得ない。通常の場合、空間に経済的な価格が形成される市場が成立していれば、両施設の経済合理性に基づいて、その優先関係が自動的に決定されることになる。また、両者の整備が時間的に十分にずれているならば、先発計画者が既得権という制度的なルールに基づいて優先権を得る。

ところが、大深度地下空間では、空間が価格をもたない。また長期的な視点に立って各施設間の利用調整がなされることになっているため、施設の整備計画に少々の時間的ずれがあっても、先発計画者には優先権が与えられない。このため、空間利用にあたっては、国による公益的な視点からの利用調整がなされることになっている。

それでは、どのような考え方に基づいて調整すればよいのだろうか。一つの考え方は、「空間の整序」と呼ばれるものである。これは、例えば「放射方向は上に、環状方向は下に」といった具合に、ア prioriに空間利用のルールを定めようというものである。確かに「整序」が重要であることは肯ける半面、こうしたア prioriに設定されるルールに積極的な合理性を見出すことは困難といわざるを得ない。もう一つの考え方は、費用対効果分析的な考え方に基づく、合理的判断によって個々に優先関係を判定しようとするものである。ここでは、後者の考え方に立った場合、優先関係はどのように設定されるべきかについて基礎的な検討を行う。

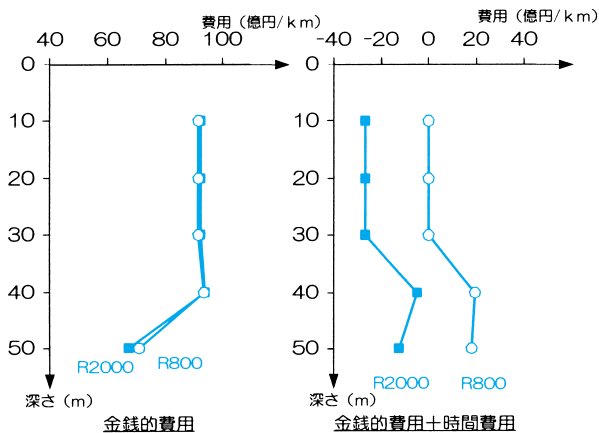


図 6 駅間5km・高度市街地・地価100万円/m²の場合の深さと費用の関係

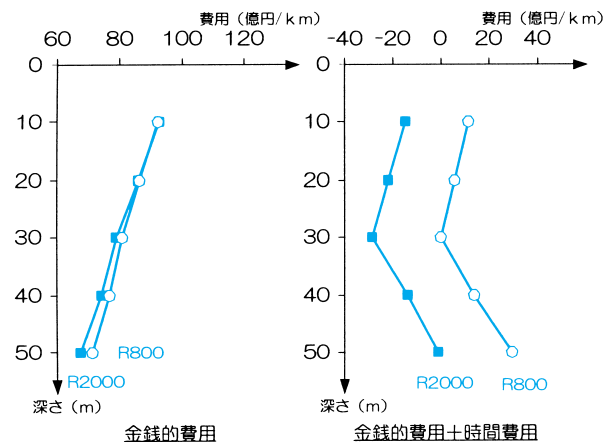


図 7 駅間隔5km・高度市街地以外の地域・地価100万円/m²の場合の深さと費用の関係

3.2 平行施設の優先関係

まず、二つの線状の施設が上下に平行して整備される場合を考える。これを施設1, 施設2とする。

施設jの高さを H_j , 利用者の利便性低下などを含めて、施設jの広義の単位延長あたりの費用を $c_j(z)$ とする。ここで、 z は整備深度を表す。二つの施設の内、施設jを優先して上部に整備した際の総コストを C_j とすると、

$$C_1 = c_1(z) + c_2(z + H_1) \quad (1)$$

$$C_2 = c_2(z) + c_1(z + H_2) \quad (2)$$

となる。

したがって、その差 $C = C_2 - C_1$ が正であれば、施設1に優先権を与えて、上部に整備すればよいことになる。

よって、施設1の優先判定条件は、

$$\begin{aligned} \Delta C = C_2 - C_1 &= c_1(z + H_2) - c_1(z) + c_2(z) - c_2(z + H_1) \\ &= H_2 \frac{\partial c_1}{\partial z} - H_1 \frac{\partial c_2}{\partial z} > 0 \end{aligned} \quad (3)$$

となる。

なお、詳細は省略するが、ここで検討の対象としている深度範囲と施設の深度差の領域では、実用上問題のない程度で十分一次近似できることを数値試算から確認している。

これを变形すると、

$$\frac{\frac{\partial c_1}{\partial z}}{H_1} > \frac{\frac{\partial c_2}{\partial z}}{H_2} \quad (4)$$

となる。つまり、

$$\frac{\frac{\partial c}{\partial z}}{H} \quad (5)$$

を判別式として、その値が大きい施設に優先権を与えればよいことになる。つまり、深さの増大に伴う費用(広義)の増大が大きく、また構造物の高さが小さい施設が優先されるべきことになる。もし、トンネル掘削費のように、費用が構造物の断面積に比例、すなわち H^2 に比例する場合、むしろ大きな構造物高さをもつ施設が優先されるべきことになる。

3.3 交差施設の優先関係

今度は、二つの施設が交差する場合を検討する。この場合、優先権が与えられなかった施設が、やむを得ず他方の施設の下方を迂回するものとする。ここで、施設jの最小取り付け倍率(最急勾配の逆数)を s_j とする。

すると、施設1を優先した場合、施設2は、延長 $s_2 H_1$ の長さで、深度差 H_1 を取り付けなくてはならない。この場合、施設2の単位延長あたりコストは、近似的に、

$$\frac{1}{2} \{C_2(z) + C_2(z + H_1)\} \quad (6)$$

となるだろう。

施設2を優先するときの、施設1の取り付け延長は、同様に $s_1 H_2$ となる。よって、二つの優先ケースを比較するには、施設1については $2s_1 H_2$ の延長(交差の両側)で、施設2については $2s_2 H_1$ の延長(交差の両側)で比較すればよい。

したがって、それぞれの施設を優先した場合の総コスト C_1 は、

$$C_1 = 2s_1 H_2 c_1(z) + 2s_2 H_1 \frac{1}{2} \{c_2(z) + c_2(z + H_1)\} \quad (7)$$

$$C_2 = 2s_1 H_2 \frac{1}{2} \{c_1(z) + c_1(z + H_2)\} + 2s_2 H_1 c_2(z) \quad (8)$$

となる。よって、施設1の優先判定条件は、

$$\Delta C = C_2 - C_1 = s_1 H_2^2 \frac{\partial c_1}{\partial z} - s_2 H_1^2 \frac{\partial c_2}{\partial z} > 0 \quad (9)$$

となる。よって、前項と同様に、優先関係の判別式を求めると、

$$\frac{s \frac{\partial c}{\partial z}}{H^2} \quad (10)$$

が得られる。前述の限界費用の条件に加えて、勾配制約が厳しい施設にほど、優先度が与えられるべきことがわかる。交差形式の場合に、構造物高さの寄与が優先度の判定により強く寄与していることにも注意したい。また、費用が単純に断面積に比例するような同種の施設の場合には、限界費用は H^2 とキャンセルし、勾配制約で判断しうることになる。

3.4 理論判別式の適用

3.4.1 適用条件

次に、これらの理論判別式に実際の数値を適用してみよう。ここでは、施設1として鉄道施設(断面積約 80m^2 , 構造物高さ 10m)、施設2として電力や通信等のインフラ施設(断面積約 10m^2 , 構造物高さ 3.6m)を想定し、深さ 50m における平行施設と交差施設の優先関係の判別式を試算する。適用条件を表7, 表8に示す。

3.4.2 平行施設の場合

表9, 表10は、整備深度 50m で算出した費用及び判別式の結果である。判別式の値は、鉄道施設に優先権を与えることが経済合理的となることを示している。施設を上部に設けた場合と施設が下部を通る場合の金銭的費用の差は、深さの増大により、駅及び立坑部の工事費が増大することに依存する。また、鉄道施設の場合は、

駅が深くなることにより、地上とのアクセスに要する時間が長くなり、時間費用が増大することも寄与している。

3.4.3 交差施設の場合

施設が交差する場合には、交差する位置や交差頻度によって費用が変わってくる。交差個所が取り付け区間2sHの延長の中に位置する場合には、駅または立坑の整備深度が深くなる。ここでは、駅または立坑と取り付け区間が競合する確率を、5kmあたりの交差個所数に

2sH/5kmを乗ずることにより求め、これに乗ずることによって限界費用を補正した。また、電力や通信等のインフラ施設は、事実上勾配の制約はないため、最急勾配を1/2と仮定する。表 11、表 12は交差施設における判別式の試算結果である。判別式の値は、交差の場合にも平行施設の場合と同様に、鉄道施設に優先権を与えることが経済合理的となることを示している。これは、鉄道施設では勾配制約が厳しく、取り付け区間が長くなるのが大きく寄与している。

表 7 利用調整の検討条件(1)

項目	条件	
整備深度	50m	
整備延長	20km	
駅・立坑間隔	5km	
トンネル離隔	平行施設	5m
	交差施設	2m
最急勾配	鉄道	35/1000
	電力・通信等	事実上制約はない
時間費用	第2章と同様とする	

表 8 利用調整の検討条件(2)

整備深度(m)	項目	土木工事費単価		
		駅・立坑部		駅間複線シールドトンネル部(百万円/m)
		立坑(万円/m ³)	シールド駅(百万円/m)	
50	鉄道	14	40	5.25
	電力・通信等	21 ^{注)}	—	0.68 ^{注)}

注) 参考文献4)より設定

表 9 平行施設の費用

施設	構造物の深さの差(m)	金銭的費用(億円/km)	時間費用(億円/km)	計(億円/km)	$\frac{\partial c}{\partial z}$ (億円/km/m)
下部	8.6	97.92	12.85	110.77	
電力・通信等	上部	0.0	—	9.34	0.09
	下部	15.0	—	10.72	

・構造物の深さの差、時間費用は各施設とも上部に位置する場合を基準とした。
 ・時間費用は、時間価値の総和を示す。
 $\frac{\partial c}{\partial z}$ は、例えば、 $(110.77 - 91.19)/8.6 = 2.28$ として計算している。

表 10 平行施設のケーススタディ

施設	費用の変化量 $\frac{\partial c}{\partial z}$ (億円/km/m)	構造物高さ H(m)	判別式 $\frac{\partial c / \partial z}{H}$ (億円/km/m ²)
鉄道	2.28	15.0	0.15
電力・通信等	0.09	8.6	0.01

注) Hには、ここでは構造物高さにトンネル離隔を加算した値を用いている。

表 11 交差施設の費用

交差箇所数	施設	費用	構造物の深さの差	金銭的費用	取り付け延長	駅・立坑と取り付け区間が競合する確率	$\frac{\partial c}{\partial z}$
			(1)(m)	(2)(億円/km)	(3)(m)	(4)	(5)(億円/km/m)
1	鉄道	上部	0	91.19	320	$\frac{320}{5000}$	0.050
		下部	5.6	95.57			
	電力・通信等	上部	0	9.34	48	$\frac{48}{5000}$	0.001
		下部	12	10.45			
3	鉄道	上部	0	91.19	32	$\frac{320}{5000} \times 3$	0.150
		下部	5.6	95.57			
	電力・通信等	上部	0	9.34	48	$\frac{48}{5000} \times 3$	0.003
		下部	12	10.45			

・交差箇所数とは、駅・立坑間隔(5km)あたりそれぞれ、1ヶ所の場合、3ヶ所の場合を示す。
 ・構造物の深さの差は、各施設とも上部に位置する場合を基準とした。
 ・(2)は平行施設の場合の費用を示す。
 ・交差の優先関係は、時間費用には、事実上ほとんど影響を与えないものと考えた。
 ・競合する確率は、駅または立坑と取り付け区間が競合する確率を示す。これは、駅・立坑間隔に対する取り付け延長の比率に交差箇所数を乗じることによって得た。
 ・(5)の $\frac{\partial c}{\partial z}$ は、表 10と同様に(1)と(2)から算出した値に(4)を乗じて求めた。

表 12 交差施設のケーススタディ

交差箇所数	施設	費用	費用の変化量 $\frac{\partial c}{\partial z}$ (億円/km/m)	最小取り付け倍率 S	構造物高さ H(m)	判別式 $s \times \frac{\partial c / \partial z}{H^2}$ (億円/km/m ³)
1	鉄道	0.050	1000/35	12.0	0.010	
	電力・通信等	0.001	2	5.6	0.001	
3	鉄道	0.150	1000/35	12.0	0.030	
	電力・通信等	0.003	2	5.6	0.003	

4 おわりに

以上、都市鉄道を例にとり、大深度地下利用の経済合理性及び大深度地下における深さ方向利用調整のあり方を定量的に分析した。また、深さ方向利用調整においては優先関係の簡易判別式を提案し、二つの異なる施設が同一の深度に整備する場合の優先関係の理論判別式を示した。この判別式は、合理的判断によって

個々の優先関係を判定するものであるが、施設の方向性により配置を定める「空間の整序」の考え方と組み合わせることで利用調整を行う際に活用することが期待される。

今後の検討課題としては、今回の分析では、コストに算入できなかった土地所有者との用地交渉に要する期間や労力等の削減メリットを定量的に考慮すること、大深度地下における地下構造物の建設深さの増大に伴う費用増大を設計・施工のより詳細な技術的検討を踏まえて算出すること、などが挙げられる。また、大深度地下鉄道が大都市における鉄道整備の一形態として重要な役割を担うためには、エレベーターやエスカレーター等の地上及び浅深度地下とのアクセス設備のスピードアップに係る技術開発が不可欠であると考えられる。

なお、本稿は運輸政策研究機構「大深度地下の適正かつ計画的利用に関する事業連携方策調査研究委員会」(平成11～12年度)の活動に関連して行った研究成果の一部を報告したものである。同委員会の関係各位には、多くの示唆をいただいた。ここに、深謝する次第である。

(付属資料)

大深度地下の公共的使用に関する特別措置法の概要

土地所有者等による通常の利用が行われない深い地下、すなわち大深度地下の活用については、平成10年5月の臨時大深度地下利用調査会における答申を受け、政府において大深度地下の適正かつ合理的な利用の確保とその公共的利用の円滑化を図るための法制度の構築に向けて検討が進められた結果、平成12年5月に「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が成立・公布された。さらに、同年12月には法律を受けた政省令も制定され、本年4月から施行されたところである。ここでは、大深度地下使用に関する法制度を簡単に紹介する。

(1) 法律の目的

本法は、公共の利益となる事業による大深度地下の使用に関し、その要件、手続き等について特別の措置を講ずることにより、事業の円滑な遂行と大深度地下の適正かつ合理的な利用を図ることを目的としている。

(2) 大深度地下の定義

「大深度地下」は、建築物の地下室等の用に通常供されることがない地下の深さとして政令で定める地表から40m、又は通常の建築物の基礎杭を支持することができる地盤の上面から10mを加えた深さのうち、いずれか

深い方の地下であると定義している。

(3) 対象地域及び対象事業

本法の対象地域は三大都市圏(政令の別表による)であり、対象事業は、鉄道、道路、電力、通信、河川、上下水道等の公共の利益となる一定の事業となっている。

(4) 補償について

大深度地下については、公益性を有する一定の事業のために使用権を設定しても、通常は補償すべき損失が発生しないと考えられるため、事前に補償を行うことなく使用権を設定することができる。例外的に補償すべき具体的な損失がある場合には、使用権設定後に土地所有者等から事業者に対して請求を行う。

(5) 国による基本方針の策定

国は、大深度地下の適正かつ合理的な利用に関する基本的な事項や、安全の確保、環境の保全その他大深度地下の公共的使用に際し配慮すべき事項を定めた「大深度地下の公共的使用に関する基本方針」を定めなければならない。なお、「基本方針」は、本年4月3日に閣議決定された。

(6) 大深度地下使用協議会

三大都市圏ごとに、事業の円滑な遂行と大深度地下の適正かつ合理的な利用を図るために必要な協議を行うため、国の関係行政機関及び関係都道府県等で構成される大深度地下使用協議会を設置する。会議において協議が調った事項については、国に尊重義務が生じることとなる。協議会には、事業構想段階から情報交換や大深度地下空間の利用調整を行うことが期待される。

(7) 事前の事業間調整

大深度地下の使用認可を受けようとする事業者は、申請に先立って、国土交通省令で定めるところにより、事業概要書を作成・送付し、公告、縦覧を行わなければならない。また、縦覧期間内に、他の事業者から事業の共同化、事業区域の調整等の申し出があった場合には、必要な調整に応じる義務を負う。

(8) 使用の認可のための手続き

使用認可を受けようとする事業者は、複数の都道府県域にわたる事業等の場合は事業所管大臣を経由して国土交通大臣に、それ以外の場合は都道府県知事に、使用認可申請書を提出しなければならない。国土交通大臣又は都道府県知事は、使用認可申請書の公告及び縦覧、利害関係人の意見書の提出、関係行政機関の意見書の提出等の所要の手続きを経て、認可要件を満たす場合に、使用の認可を行うことができる。

参考文献

- 1)建設省建設経済局[2000],“公共用地の取得に伴う損失補償基準細則”,「用地補償実務六法」,P.196-199,株式会社ぎょうせい
- 2)運輸省[1991],「長大駅間・深層地下鉄道研究報告書」
- 3)財団法人運輸政策研究機構[2001],「地下鉄等鉄道整備の建設コストの標準化に関する調査報告書」
- 4)社団法人日本トンネル技術協会[2000],「大深度地下利用技術調査小委員会報告書」
- 5)運輸省運輸政策局[2000, 2001],「大深度地下の適正かつ計画的利用に関する事業連携方策調査報告書」
- 6)国土庁大都市圏整備局[2000, 2001],「大深度地下の適正かつ計画的利用に関する事業連携方策調査報告書」
- 7)建設省都市局[2000, 2001],「大深度地下利用に対応した都市計画制度のあり方に関する検討調査報告書」
- 8)財団法人運輸政策研究機構[1999],「鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99」
- 9)国土庁大都市圏整備局[1997],「大深度地下利用海外調査報告書」
- 10)国土庁大都市圏整備局[1998],「大深度地下利用に関する法制度についての調査報告書」

(原稿受付 2001年5月1日)

Economic Rationality of the Use of Deep Underground Space for Public Utilities - A Case Study on Urban Railway -

By Hitoshi IEDA, Takayasu NIWA, Isao SAKAI, and Tomohiro NAKAI

"The Special Measures Act for Public Use of Deep Underground" was issued in April 2001 in Japan. The deep underground space is required to be used appropriately and rationally in consideration with characters of facilities. The superiority of the deep underground use in economic rationality over the shallow underground use is studied quantitatively in this paper with a case study on urban railway. A reasonable measure of the priority judgement on conflicting facilities is also proposed.

Key Words ; deep underground, economic rationality, prioritization of special use
