

環境負荷および周辺空間への影響を考慮した交通社会資本整備 における地下空間利用価値の定量的評価

ESTIMATING THE BENEFIT OF UNDERGROUND UTILIZATION FOR TRANSPORTATION INFRASTRUCTURES CONSIDERING ENVIRONMENTAL IMPACTS AND SPACE VALUE

名古屋大学 林 良 嗣 Yoshitsugu Hayashi *

東北大学 京 谷 孝 史 Takashi Kyoya **

名古屋大学 加 藤 博 和 Hirokazu Kato ***

同 中 島 義 人 Yoshito Nakajima ****

SUMMARY

The utilization of underground space for providing infrastructures results in some benefit and some environmental effects. The benefits and the effects should be different from those in the case of surface space utilization, however, there is no established concept nor method to estimate them. In this research, some estimations of the benefit and the effects of the underground utilization for subway and road by the hedonic approach and the method of life cycle analysis are presented. The results are compared with those in the case of surface space utilization and advantages of the underground space utilization are considered.

Keywords: benefit analysis, environmental effect, hedonic approach, life cycle analysis

1 本研究の目的

地下空間の利用価値は、主に、1) 都市部を含めた地表の活動空間からわずかの垂直距離を隔てた位置にある半無限空間であり、それを利用することにより多層的かつ連続性をもつ空間構成が可能となること、2) 地下ならではの恒温性、遮蔽性などの物理的特性を有する空間であること、の2点に由来する。そして、その利用価値は、石油埋蔵量が掘削技術に応じて決まるように、地下を利用可能ならしめる工学・技術のレベルおよびそれを受け入れる社会システムのあり方に依拠して決まる。この意味においてそれは潜在的である。

近年の地下空間利用に対する関心の高まりは、地表空間の過密や高地価を背景として、地下空間利用のコストが相対的に低くなってきたことが要因であるといわれているが、そうした地表利用に対するコスト面の比較だけでは、地下空間がもつそうした潜在的価値を十分に評

価しているとはいえない。

地下空間を利用した社会資本の整備は、都市空間の多層の利用であり、地表部における既存の空間構成に大きな影響を及ぼすことなく、都市に必要な機能の実現を可能にする。したがって、そこに構築されたインフラ施設が生む効用のみならず、既存の地表利用を大きく改変しないということから派生する効用、あるいは、それらの相乗効果が期待できる。しかし、一方で建設コストが地表に比べて高いことは周知の事実であり、運用、維持管理、防災などに余計にかかる費用などのマイナス面も併せて考慮する必要がある。今後の有効な地下空間利用を考えていく上では、これらの正負の効果が総合的に検討される必要があると考える。

しかし、現状においては、こうした地下空間の利用価値に対する考え方は確立しておらず、評価手法の確立が急務となっている。そこで本研究では、交通社会資本(道

* Professor, Dept. of Geotechnical and Environmental Eng., Nagoya Univ., Nagoya 464-01, Japan

** Associate Prof., Dept. of Civil Eng., Tohoku Univ., Sendai 980-77, Japan.

*** Doctorate Student, Dept. of Geotechnical and Environmental Eng., Nagoya Univ., Nagoya 464-01, Japan

**** Graduate Student, as ditto

路・都市内鉄道)を取り上げ、それが地下を利用して建設された場合と高架構造で地表に建設された場合とについて、建設コストだけではなく、その建設から供用を通じて発生する大気汚染や騒音などの周辺環境への影響、さらにはエネルギー消費に伴う地球環境負荷にまで視野を広げて、地表と地下をそれぞれ利用した場合の差異を定量的に評価することを通して、新しい視点からの地下空間の利用価値の明確化、定量的評価を行うことを目的とする。

2 地下空間利用の効果とその評価の視点及び方法

2.1 地下空間利用の効果

道路や都市内鉄道などの交通インフラ施設は、長期間にわたって供用されるものであり、その効果は存在期間全体を対象として行われる必要がある。したがって、インフラ整備における環境影響評価において、こうした視点に立って、構造物がライフサイクルにおいてどのような環境影響を及ぼすかを分析するのが妥当である。そこで、インフラ施設のライフサイクルを「建設－供用－廃棄」の3段階に分け、インフラ施設が地下空間を利用して整備された場合に、地表空間を利用して整備される場合と比べて、どのようなプラスあるいはマイナスの要因が考えられるかを整理したものが図1である。

マイナスの要因・効果： 道路や都市内鉄道について言えば、地下を掘削してそれらを建設する場合、用地取得の費用を除いた純粋な建設費用は、現時点では地表部に高架構造で建設する場合の約3倍と言われており、地下を利用した方がはるかに高い。供用時においても、地表部の高架構造などに比べて、トンネル内の照明や換気、防災・避難設備の維持管理のための負担が大きくなることが考えられる。また、廃棄することを考えると、一度掘削された地下空間を元に戻すことはほとんど不可能であり、地上に建設された施設に比べてはるかに大きな負担が予想される。別の用途に転用することなどを含めて、綿密な総合的かつ長期的計画が地下空間利用には必要である。

プラスの要因・効果： しかし、その一方でそれらの施設を地下に構築すれば、長い供用期間を通して、高架構造のように周辺空間の日照を妨げたり騒音被害を与えたりすることはない。また、換気設備の適切な配置によって周辺空間全域にわたる大気汚染防止を図ること

が可能となるなど、周辺空間の環境を保全することができる。さらに、高架構造のように地表の空間を分断して景観を損なうというようなことがない。地下利用によって地表空間にオープンスペースが確保できるような場合には、それを空間アメニティの改善に利用することも可能であるなどのメリットがある。

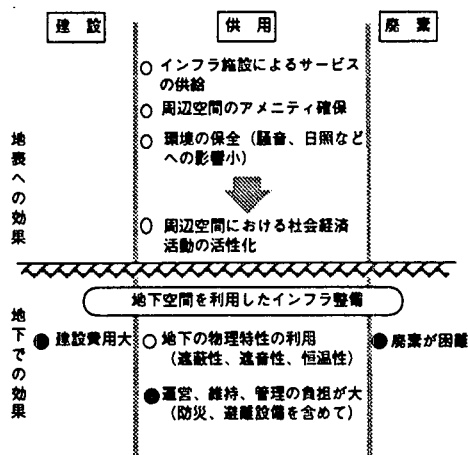


図1 地下空間を利用したインフラ整備において考えられるプラス（○）及びマイナス（●）の要因・効果

地下空間を利用して交通インフラ施設を整備すれば、その施設本来のサービスだけでなく、これらのメリットを併せて実現することが可能である。都市に必要なインフラ施設を地下空間を利用して多層的に配置することは、周辺の環境およびアメニティを保全・改善しつつ、インフラ施設によるサービスを供給するという、発展と環境の調和を実現する有力な手段であるということが出来る。そして、そうした快適性と利便性が併せて実現された周辺空間においては、よりいっそうの社会経済活動の活性化が期待できる。

2.2 評価の視点とその方法について

地下空間を利用した交通インフラ施設整備のプラス及びマイナスの効果について、次のような2つの視点からの評価が考えられる。

(1) 費用便益分析的な視点からの評価

図1に挙げたライフサイクルの各段階において考えられる効果については、以下のような比較評価を行うことが考えられる。

建設時： 用地取得と建設にかかる費用は直接的に比較評価できる。建設期間中は、騒音や振動などの近隣への環境負荷が考えられるが、それに応じた補償費が支払われるようなことがあれば、それに必要な費用として評価が可能であろう。また、建設中の日常的交通の阻害についても所用時間の増大といった視点からの評価を行うことが考えられる。

供用時： 運営、維持管理にかかる費用は直接的に比較評価が可能である。周辺に与える環境負荷のうち、車両からの排気ガスによる大気汚染と騒音は、環境影響評価において一般的に用いられている NO_x 、 CO の発生量、車両による騒音レベルの定量的予測を行うことにより比較評価が可能である。さらに、それらによる健康被害がその補償をも含めて社会的費用として評価できるようになれば、他の項目と同一の尺度での評価が可能となる。

大気汚染や騒音を含め、日照や景観、アメニティなどの広い意味での周辺環境への影響は、インフラ施設によるサービスの供給という側面と併せて、その後の周辺空間の社会経済的発展に影響を及ぼす。こうした正・負両面の要因が合わさった結果として顕現する長期的な効果は、土地資産額に注目したヘドニックアプローチにより、周辺空間価値の変化として間接的に評価することが可能である[14]。

後の例では、大気汚染と騒音についての定量的予測によって、地下空間利用が周辺空間に及ぼす局地的環境負荷を評価する。それとともに、ヘドニックアプローチを用いて、土地資産額の変化を計測することにより、局地的環境に加えて景観やアメニティなども含めた間接的・長期的な周辺空間価値への影響についても評価を行う。

廃棄時： 直接的には廃棄に要する費用によって比較検討することになると考える。しかし、現在のところ地下空間についてそうした例はない。インフラ施設の廃棄の問題は、廃棄物処理の問題と密接に関連し、これをどのように考えていくかは今後の大きな課題である。したがって本研究ではこれを扱わない。

以上述べてきた図1のプラス・マイナスの効果は、最終的には貨幣価値に換算しうる性質のものである。しかし、大気汚染や騒音などのように、そうした評価法が確立されていない項目があるのに加え、例えば、ヘドニックアプローチによる資産価値評価額が、建設費用などの

実際の貨幣価値尺度に合致するかどうか疑問視されているなど、各手法における評価尺度の整合性に問題があり、現時点では上に述べた全ての効果を統一的な貨幣尺度のもとで扱うことができない。したがって、本研究では上に述べた地下空間利用のいくつかの効果について、各項目毎に地表利用（高架構造の採用）との比較評価を行うことにする。

（2）地球環境への負荷：グローバルな視点からの評価

以上に述べたプラス・マイナスの効果は、直接的にせよ間接的にせよ市場経済機構の枠組みの中で、費用や便益あるいは補償といった形で最終的には貨幣価値に帰着し得るような指標であった。しかし、現在では地球温暖化や酸性雨などの地球環境問題やエネルギー問題が生起しており、建設規模が大きくならざるを得ないインフラ整備においては、これらのグローバルな外部不経済である環境負荷やエネルギー消費をひとつの重要な評価指標として考えるべき段階に来ている。

交通インフラは周辺環境を悪化させるだけでなく、広域的な環境を悪化させるという側面をあわせもつ。例えば、道路上の車両からの排気ガスは拡散して都市域全体の汚染濃度を高め、さらに上空大気中へと拡散することにより酸性雨の原因となる。

また、インフラの建設においては、建設工事における直接的なエネルギー消費のみならず、資材の製造および輸送には多くのエネルギーが使われている。これらを合わせてインフラ施設の内包エネルギーと呼ぶ。インフラ施設の内包エネルギーの大部分は化石燃料に依存しており、その燃焼に伴う CO_2 、 NO_x 、 SO_x などの汚染物質によっても環境に負荷を与えている。

このように、交通インフラはそれ自体から環境負荷を発生させるだけでなく、時間的遅れと空間的広がりを持って地球環境に負荷を与える。こうした地球環境への負荷の仕組みについての概念図を図2に示す。

以上のようなインフラ整備による地球環境への影響を計測する手法として、近年「ライフサイクル・アナリシス」と呼ばれる手法が注目されている。これは、インフラの建設から供用、さらには廃棄に至るライフサイクルにわたって消費される内包エネルギーや、それに伴って発生する内包環境負荷の総量を推計する方法である。

本研究では、地球環境負荷の指標として内包 CO_2 発生量に注目し、交通インフラ施設を地表に建設した場合と

地下空間を利用して建設した場合のそれぞれについて、ライフサイクルを通じてどの程度の CO₂ が発生するかの比較評価をも併せて行う。

交通インフラ施設のライフサイクル・アナリシスを行うために、ライフサイクルの中でどのような環境負荷の発生があるかについて、建設・供用・廃棄の3つの段階に分けて整理したものを図3に示す。

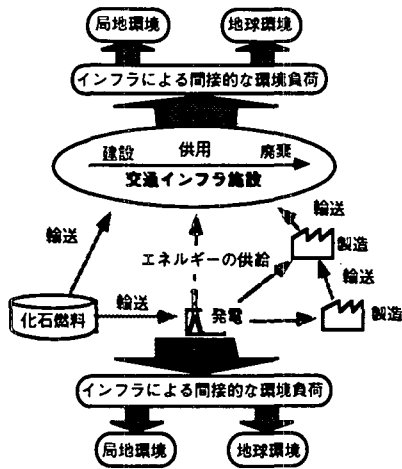


図2 交通インフラ施設から発生する環境負荷の概念図

3 交通インフラ施設整備における地下空間利用と地表利用の比較

ここでは、道路および都市内鉄道について、それらが地表高架構造によって建設された場合と、地下あるいは半地下構造によって建設された場合について、1) 大気汚染や騒音レベルなどの周辺局地環境への直接的影響、2) およびそれらに景観やアメニティなどの影響を加えた長期的・間接的影響、3) さらに内包 CO₂ 発生量を指標とした地球環境への影響の3つの視点からの比較評価を行う。

本来は1つの事例について前節で述べたような評価を行い、地下利用と地表利用との比較を行うべきであるが、データの制約上それは不可能であった。したがって、ここでは、地下空間を利用した構造（掘削、トンネル）と地表を利用した構造（高架、盛土）に関する2つの場合のデータが存在し、前に述べた評価項目のどれかについて評価が可能な事例を集めて比較を行った結果を示

すものである。

3.1 道路周辺空間への環境影響（NO₂濃度、騒音）の比較 —半地下式掘削構造と地表高架構造—

名古屋環状2号線を対象として、半地下式掘削構造の場合と地表構造の場合における道路周辺空間での NO₂ 濃度と騒音レベルを比較した。

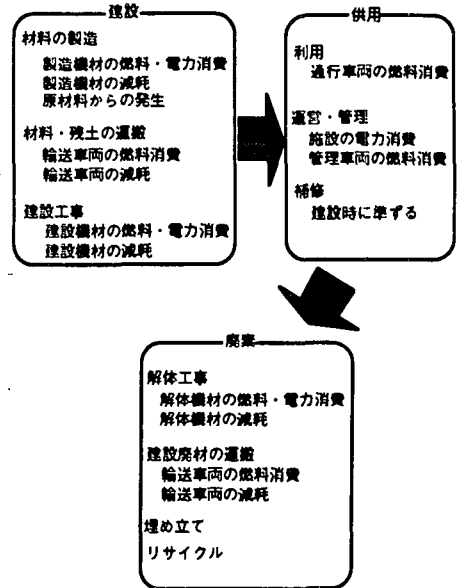


図3 ライフサイクルを通じての CO₂ の発生要因

名古屋環状2号線は名古屋都市圏の主要幹線道路の1つであり、道路構成は、一般道路部（一般国道302号線）と自動車専用道路部（東名阪自動車道）よりなる。比較の対象としたのは、平成5年11月に供用が開始された東名阪自動車道名古屋I.C.～勝川（東）I.C.のうち、上社I.C.～庄内川橋の5.8km（半地下式掘削構造区間）と、庄内川橋～勝川（東）I.C.の2.9km（地表高架構造区間）である。それぞれの標準断面図を図4に示す。

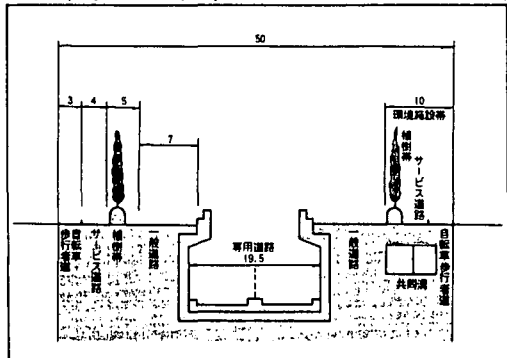
1) NO₂濃度の比較

環境影響評価において一般的に用いられているパフモデルを用い、道路敷の官民境界から水平方向に100m、鉛直方向に40mまでの範囲について NO₂ 濃度の1時間ごとの平均値を推定する。

日交通量に関しては2000年における予測値を用い、専用道路60,100台、一般道路35,300台とする[3]。また、時間交通量率および車種混入率は、対象道路の近傍にあ

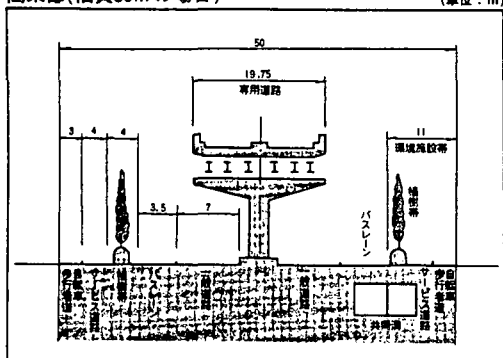
る県道名古屋長久手線の昭和55年8月6日～7日の交通
量調査（建設省観測）を用い、走行速度は、専用道路は
規制速度に基づいて 60km/h に設定し、一般道路は都市
部を走行する車両の一般的な平均速度である 20km/h に
設定した。

掘割部(幅員50mの場合) (単位: m)



(a)

高架部(幅員50mの場合) (単位: m)



(b)

図4 標準断面図; (a) 掘割部、(b) 高架部

パフモデルによって求めた予測点における NO_2 濃度
から NO_2 濃度の日平均値を求める。そして、名古屋市の
昭和 63 年度における一般環境大気測定局の年平均値
0.025ppm をバックグラウンド濃度としてこれに足しあ
わせ、経験式から日平均値の年間 98% 値（1 年間に測定
された日平均値を濃度の低い順に並べたときに 98%
（358 番目）に相当する濃度）を算定する。これは NO_2
の環境基準が、日平均値の年間 98% 値で評価するように
定められていることによる[1]。こうして得られた推定結

果を図5に示す。

掘割構造の場合、排気ガスは一般道路とはほぼ同じ高さ
の開口部から外部へ排出されるため、一般道路から排出
される NO_2 と合わさって路肩付近での濃度が環境基準
である 0.06ppm にかなり近い値にまで上昇している。こ
れに対し、高架構造の場合は高い位置から排出されるた
め、むしろ上空での濃度が高くなっており、上空へ拡散
されやすいことを示している。

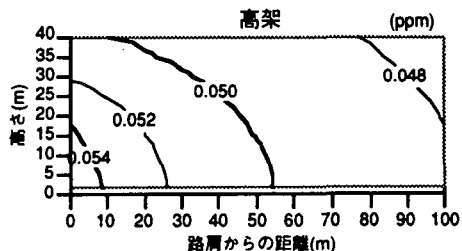
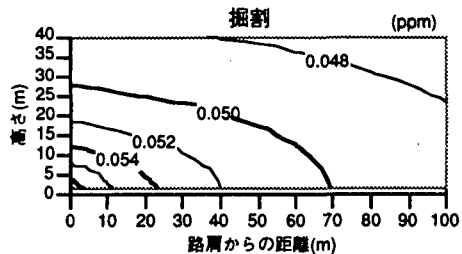


図5 NO_2 濃度の比較（1日平均値の年間 98% 値）

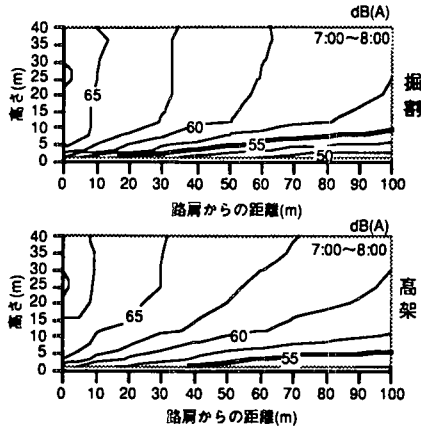
2) 騒音レベルの比較

騒音レベルの推定手法には環境影響評価において一
般的に用いられている日本音響学会式[1]を用いる。

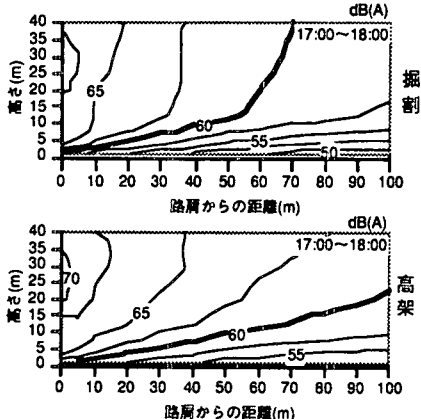
日交通量および車種混入率は、 NO_2 濃度の評価と同じ
値を用いる。走行速度は、専用道路・一般道路それぞ
れの規制速度である 60km/h に設定し、時間交通量から最
も環境基準（表 1）の達成が難しい時間を、朝、昼間、
夕、夜間のそれぞれの時間帯から選んで比較を行った。
推定結果を図6に示す。図中の太線は表 1 示した各時間
帯での環境基準値を表している。

掘割構造の場合は、騒音が上空へ伝わっていく様子が
判る。このため、地表からの高さが 1.2m 付近（図中点
線）の騒音レベルは、路肩からの距離が同じ地点では、
高架構造に比べて掘割構造の方が 2～3 dB(A) 程度低く
なることがわかる。3 dB(A) の差は、走行速度一定のま

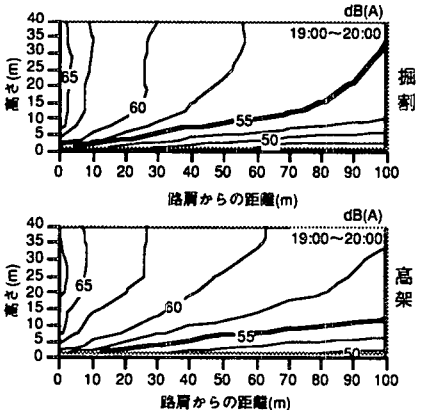
まで交通量が2倍になったときの騒音レベルの差に相当するものである。



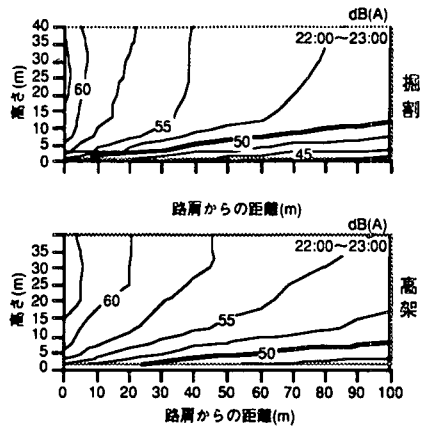
(a) 朝 (7:00~8:00)



(b) 昼間 (17:00~18:00)



(c) 夕 (19:00~20:00)



(d) 夜間 (22:00~23:00)

図6 掘割部と高架部の騒音レベルの比較

表1 沿道における騒音に関する環境基準

	時間帯	基準値 (dB(A))
昼間	8:00~19:00	60
朝夕	6:00~8:00, 19:00~22:00	55
夜間	22:00~6:00	50

3.2 周辺空間価値の比較

地下式と高架式では、前節で評価した周辺環境への影響の違いや、景観や地域分断といった空間アメニティの違いにより、周辺の空間価値に違いが生じるはずである。そこで、ここでは道路および都市内鉄道を対象として、ヘドニックアプローチによりその比較評価を試みる。この方法は資産価値法とも呼ばれるもので、「インフラ整備の規模が小さく、そのためにインフラ整備の影響を受ける地域の面積がその整備の影響を受けない地域と比較して非常に小さく、かつ、アクセス地域への立地が十分にスムーズになされるとき、すべての便益が地価に帰着し、かつ、その便益は地主に帰着する。」というように、インフラ整備による地区の条件の差が、長期的間には地価に反映されるという仮定に基づいている。この仮定のもとで地価関数を決定し、その地価関数を用いてインフラ整備地域と未整備地域の地価とを比較することにより、インフラ整備に伴う便益を貨幣換算値で評価することができる。

本研究で対象とする地下式、高架式の違いは、沿線のごく近傍地域の周辺環境や景観・アメニティに影響を及ぼすものであり、上の仮定を満たしていると考えられる。

(1) 地下式道路と地表高架式道路

建設から時間が十分経過した都市高速道路網が充実しており、その便益が地価に帰着されているとみなせる大阪市を分析の対象とする。

地価関数の推定：被説明変数には平成6年の住宅地の公示地価 P （千円）を用い、表2に示すような7つの説明変数を設定した。説明変数 x_6 は住居専用地域の指定の有無を区別するためのダミー変数であり、第1種もしくは第2種住居専用地域に指定されている場合は1、指定されていない場合は0とする。また、説明変数 x_7 はダミー変数で、その土地が高架道路の200m近傍にある場合は1、そうでない場合は0とする。これは、高架道路の地価への影響は0～200mの範囲で平均化されており、200m以上離れた地点での影響はゼロであると仮定していることを意味する。このダミー変数を導入することにより、高架道路の有無によってどれだけ帰着便益であるところの地価に差が生じるかを明らかにすることができる。

表2 地価関数の推定結果

説明変数 (単位)	変数名	偏回帰係数 α	t値
	定数項	2.78	105.3
x_1 (km)	梅田までの距離	-1.58×10^{-2}	-7.27
x_2 (km)	難波までの距離	-2.16×10^{-2}	-7.60
x_3 (km)	最寄駅までの距離	-6.67×10^{-2}	-5.99
x_4 (m ²)	地積	3.10×10^{-4}	3.49
x_5 (m)	接面道路の幅員	1.22×10^{-2}	4.36
x_6 (ダミー)	住居専用地域	5.59×10^{-2}	3.99
x_7 (ダミー)	高架道路近隣か否か (200m 以内)	-3.71×10^{-2}	-1.98

重相関係数： 0.712

これら被説明変数と説明変数の関係を表す地価関数として片対数型の以下のような式を用いる。

$$\log_{10} P = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4 + \alpha_5 x_5 + \alpha_6 x_6 + \alpha_7 x_7 \quad (1)$$

推定に用いたデータの総数は228地点で、このうち阪神高速道路（高架部分）から200m以内の地点は23地点である。推定された各変数の偏回帰係数、およびそのt

値は表2に示す通りである。このパラメータ推定結果より、高架道路ダミーは有意な説明変数であると同時に、高架道路の存在が周辺空間価値を低下させており、その負の影響は梅田と難波からの距離が同時に1kmずつ遠くなる不便さにほぼ匹敵することが判る。

地下空間を利用した場合の価値増価の推定：地下空間に現在の高速道路を整備した場合を想定し、そのとき高架道路が与えている周辺空間への影響が全くないと仮定する。この仮定のもとで推定された地価関数の高架道路ダミーを用いて、高速道路が高架構造である場合と地下構造である場合の土地資産価値の比較を行う。

阪神高速道路の両側200m以内に仮想的な分析対象区域を設定し、

a) 地下構造（例えばトンネル）により高速道路が全く周辺に影響を及ぼさない場合

b) 高架構造の場合

の2つの場合について土地資産価値を比較する。ただし、評価に際しては、大阪市の標準地228地点の平均地価から、地下構造にした場合の住宅地の地価を45.0万円/m²とし、住宅地率については当該地区のデータが入手出来なかったため、名古屋市と同程度であるとして対象区域の住宅地率を30%と仮定した。

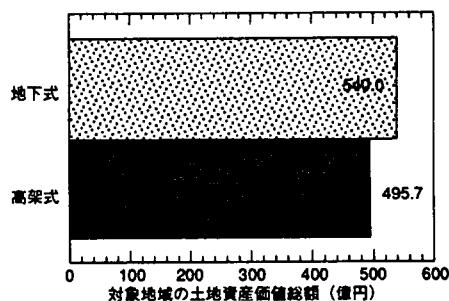


図7 道路を地下式にした場合と高架式の場合の土地資産価値総額の比較（平成6年換算）

先に推定した地価関数から、地下式を採用した場合の地価45.0万円/m²に対して、高架構造を採用した場合には地価が41.3万円/m²となり、土地資産価値は8.2%低下するという結果を得る。またこの値は、図7に示すように道路延長1km当たり44.3億円の差に相当し、地下式の方が長期的・間接的に地域に大きな便益をもたらす

ことが判る。

(2) 地下式鉄道と地表高架式鉄道

名古屋市内において鉄道路線から徒歩圏内(距離 400 m)にある地区について、鉄道路線が高架式になっている地区と地下式になっている地区のデータを集め、そこにおける地価形成を分析することにより、地下式と高架式の空間価値の差を分析した[13]。

表3 地価関数の推定結果

説明変数 (単位)	変数名	偏回帰係数 α	t 値
α_0 (km)	定数項	11.7	90.5
x_1 (km)	都心(栄)までの距離	-4.60×10^{-2}	-5.65
x_2 (km)	最寄駅までの距離	-1.97×10^{-2}	-2.54
x_3 (ダミー)	第1種用途地域	2.56	4.55
x_4 (ダミー)	下水道の有無	3.16	3.19
x_5 (m)	接面道路の幅員	2.67×10^{-2}	2.04
x_6 (ダミー)	地下式か高架式か	1.16×10^{-2}	2.41

重相関係数： 0.793

地価関数の推定： 道路の場合と同様に、被説明変数には昭和 59 年の住宅地の公示地価 P (千円) を用い、表3に示すような6つの説明変数を設定した。地下式か高架式かのダミー説明変数 x_6 については、その土地から 400m 以内を走る鉄道が地下式の場合は 1、高架式の場合は 0 としている。地価関数には、道路の場合の(1)式と同様、次のような対数線形式を用いる。

$$\log_{10} P = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4 + \alpha_5 x_5 + \alpha_6 x_6 \quad (2)$$

推定には中心商業地区を除いた 82 地点のデータを用いた。推定された各変数の偏回帰係数およびその t 値は表3に示す通りである。

住居系用途の地域についてパラメーターを推定した結果は、地下式か高架式かのダミーについて t 値が 2.41 であり有意な値を示している。地下式か高架式かを区別するダミー変数の係数 α_6 の値 1.16×10^{-2} と最寄りの駅までの距離を表す変数 x_2 の係数 -1.97×10^{-2} を比べると、

(2) 式から、地下式を採用したときの高架式に比較した沿線地価の差は、駅へのアクセシビリティ(駅までの

距離)に換算すれば約 500 m 以上に相当することが判る。

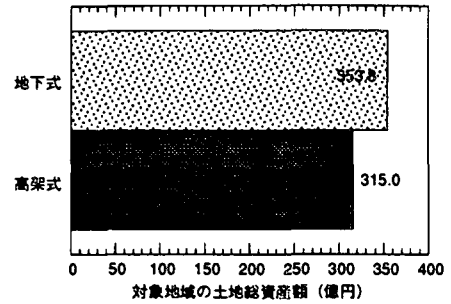


図8 都市内鉄道を地下式にした場合と高架式の場合の土地資産価値総額の比較(昭和 59 年換算)

地下空間を利用した場合の価値増価の推定： 推定された地価関数を用いて、鉄道が高架式か地下式かによって資産価値にどのような変化を与えるか計測する。対象地域としては名古屋市内を東西に結ぶ「東山線」の東部地域(一社～上社間)を取り上げることとした。この地域は、同線の延長に際し、藤森東部土地区画整理組合を始め地下鉄沿線組合から線路敷地、駅前広場、車庫などの用地を無償で提供され事業を行った地域で、一社駅まで地下式でのびてきた鉄道がこの付近から地上に上がり高架式として建設され昭和 44 年に開通した。計測区域はこの地下式と高架式の境界から両側 1 km の沿線地域とした。

地価関数を用いて、現在高架式となっている部分が地下式を採用していたと仮定した場合の資産価値を求め、現実の高架式の場合の資産価値と比較する。

計算に際し、土地利用については最寄りの鉄道が地下であるか地上であるかによらず変化しないと考え、現況のままであるとする。また、説明変数についてはゾーン毎の平均的な値を代入する。ゾーン毎の住宅敷地面積は昭和 59 年度の細密数値情報から求めた。

図8に結果を示す。これから、地下式の場合には、地価の約 11.7%、38 億 8200 万円の便益の増価があることが判る。ちなみに、この区間の 1 km あたりの建設費については、44 年当時において地下式の方が高架式より 9 億 600 万円高いという試算結果がある。今、これらの評価額を同一尺度で比較することはできないが、この結果は、地下空間を利用していれば、初期に生じる建設費の

差を上回る長期的・間接的便益が生じることを示すもの
と言える。

3.2 道路の地球環境への影響 (CO₂発生量) の比較 —
半地下式掘割構造と地表高架構造—

ここではライフサイクル・アナリシスの手法を用いて、
グローバルな環境負荷という視点から、道路の建設時に
おいて地下空間を利用した場合と地表を利用した場合
の内包 CO₂ 発生量を比較する。

道路建設に伴う CO₂ 発生量の分析： 地下式と高架式
を比較する前に、道路の建設時におけるトータルの内包
CO₂ 発生量のうち、建設材料からの発生量がどの程度を
占めているかを明らかにする。

分析は、建設資材の使用量、建設機械の稼働時間およ
び燃料消費などについて比較的详细なデータが存在す
る名阪国道[2]の前期工事を対象として行った。

名阪国道は中京と阪神の両都市圏を結ぶ準高速道路
的な機能を持った一般国道として昭和 38 年 4 月に着工
し、40 年 12 月に供用が開始された。ここで調査対象と
するのは、亀山～上野間前期工事の 42km の上下各 1 車
線である。地表部の道路構造は盛土または切土であり、
橋梁総延長が 2.1km、トンネル総延長が 1.6km である。

表 4 発生源別 CO₂ 排出原単位

発生源	CO ₂ 排出原単位
コンクリート	230.10 (kg/m ³)
鉄 鋼	1286.40 (kg/ton)
砂利・碎石	6.40 (kg/ton)
碎石	7.82 (kg/ton)
揮発油	2.42 (kg/ton)
軽 油	2.71 (kg/ton)
電力(1970 年)	0.639 (kg/kwh)

表 4 に示す排出原単位[4]をもとに、この区間の道路
建設における CO₂ の総発生量とその内訳についての推
計結果を図 9 に示す。名阪国道の工事に伴う CO₂ 発生量
は、材料の製造による CO₂ 発生量が 85% と大部分を占め
ていることが判る。この結果から、道路整備による CO₂
発生量の大部分は建設材料を発生源とし、その評価に際
しては材料の製造時の CO₂ 発生量を考慮することが極
めて重要であることが判る。

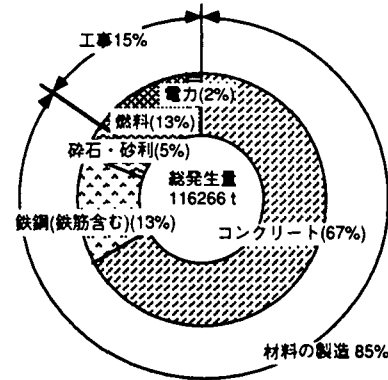


図 9 道路（名阪国道）の建設工事に伴う CO₂ 発生量
の内訳

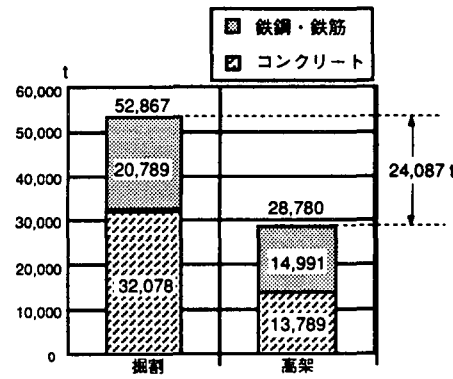


図 10 必要な材料の製造に伴う CO₂ 発生量の比較

半地下式掘割道路と高架式道路の建設時における
CO₂ 発生量の比較： 3.1 節で採り上げた名古屋環状 2
号線を対象として、高架構造部分と半地下式掘割構造部
分における使用量が明らかなコンクリート、鉄鋼（鉄筋
を含む）について、道路建設延長 1 km 当たりの CO₂ 発
生量を比較した。結果を図 10 に示す。

これら主要材料からの CO₂ の発生量は、掘割構造では
高架構造の 1.8 倍となっている。この他、掘割構造の場合
は掘削土が大量に出てその運搬にエネルギーが必要
なこと、また、その廃棄の方法がまた問題であること、
工期が長くなることを考えあわせれば、この差はさらに
開くものと考えられ、廃棄物処理の問題と関連して地下
利用の方が問題が多いという評価を得る。

4 まとめ

本研究では、地下空間の利用によって得られる効果を明確化することを目的として、道路および都市内鉄道を対象に、(1)一般的な環境影響評価手法を用いたNO₂濃度、騒音といった周辺局地環境への直接的影響の評価、(2)ヘドニックアプローチ(資産価値法)による、それらと空間アメニティなども含めた長期的・間接的影響としての周辺空間価値への影響の評価、(3)さらには、ライフサイクル・アナリシスの手法によるグローバルな環境負荷としてのCO₂の発生量の評価を行い、それら交通インフラ施設が地下を利用して整備された場合の効果を地表利用との比較において明らかにした。得られた結論を以下に挙げる。

1) 周辺の局地環境への直接的影響については、騒音レベルは地下式が小さく、大気汚染については高架式が上空へ拡散しやすく影響が小さい。したがって、これらの要因だけでは、地下空間の有効性は認められない。

2) しかし、1)の局地環境に加え、周辺空間の景観、アメニティといった長期的・間接的影響までを含めると、地下空間を利用した場合は、地表高架構造との建設費の差額を上回る便益が周辺空間にもたらされると言える。

3) 交通インフラ施設の建設時におけるグローバルな環境負荷要因としてのCO₂発生は、建設材料の製造を発生源とするものが大部分であり、それは地下式構造の場合に大きくなる。掘削に伴う残土処理の問題などが生起することを考え合わせると、グローバルな環境という視点から見た場合には地下空間利用は必ずしも有利とは言えない。

今後の課題を以下に挙げる。

1) 本研究で得られた結論は、限定的な要因についての評価であり決して十分ではない。評価すべき項目は今後の研究によってさらに明確化される必要がある。

2) また、結論で示したような種々の視点と手法による評価は、結局のところ地下空間利用がどれほど有効なのかを具体的に示したことになるとはいえない。これら種々の評価を統一的に扱い、地下空間利用計画に対して総合的な評価を可能ならしめる理念と方法の確立が必要である。

3) さらに、実現可能な施策立案のためには、それに加えて、地下空間利用に伴って発生する便益や損失が具体的にどのような主体にどれだけ帰着するのかが明ら

かにされることが必要である。

謝辞

本研究成果の大部分は、文部省科学研究費重点領域研究「人間-地球系」(代表:安井至・東京大学教授)の研究補助金による研究の過程で得られたものである。ここに付記し謝意を表する次第である。

参考文献

- [1] 名古屋市公害対策局:自動車公害ハンドブック、1990
- [2] 建設省中部地方建設局:名阪国道工事誌、1971
- [3] 建設省中部地方建設局:一般国道302号線環境影響評価報告書、1981
- [4] 外岡豊:素材消費が誘発するCO₂排出とその対策
- [5] 石福昭、伊香賀俊治:ライフサイクルCO₂による建物の評価、建築設備士、1993.3、pp.14-23
- [6] 名古屋市交通局:資料集・名古屋の地下鉄建設、アルプス出版社、1986
- [7] 早川和男:空間価値論-都市開発と地価の構造-、勁草書房、1973
- [8] 中村英夫、林良嗣、宮本和明:都市近郊地域の土地利用モデル、土木学会論文報告集第309号・1981
- [9] 林良嗣、土井健司:交通改善に伴う通勤者の便益の都市への帰着分析モデル、土木計画学研究・論文集、NO.6、1989
- [10] 土井健司:開発利益をめぐる論点とその問題点、土木計画学研究論文集 招待論文、No.8、pp.27-39、1990
- [11] 肥田野登、林山泰久:地価指標による都市間交通施設整備がもたらす便益計測、土木計画学研究・論文集、No.10、pp.175-182、1992
- [12] 国土土地鑑定委員会編:地価公示、1974
- [13] 京谷孝史、丸山世紀、林良嗣:地下鉄にみる地下空間利用価値とその定量的評価について、地下空間利用シンポジウム1994、pp.125-133
- [14] (例えば) 金本良嗣、ヘドニック・アプローチによる便益評価の理論的基礎、土木学会論文集、No.449/IV-17、pp.47-56、1992