慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	環境の経済学的評価の検討 : 富士スバルラインを例として
Sub Title	A consideration about economic evaluation of environment : with a case study of Fuji Subarurain
Author	島本, 美保子
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	1990
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.83, No.3 (1990. 10) ,p.678(194)- 699(215)
JaLC DOI	10.14991/001.19901001-0194
Abstract	
Notes	論説
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19901001-0194

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

「三田学会雑誌」83巻3号（1990年10月）

環境の経済学的評価の検討

——富士スバルラインを例として——

島　本　美保子

目　次

第1章　環境の経済学的評価の必要性と意志決定のための環境評価
　第1節　環境の経済学的評価の必要性
　第2節　意志決定のための環境評価手法
　　1）　環境の再生不可能性と Option Value
　　2）　分配問題
　　3）　情報，知識の不完全状態で観察される顕示選好から導かれる需要関数の問題
　　4）　分配問題と情報ロスへの対応
＜付録＞　多属性効用分析について
第2章　富士スバルライン建設の環境への影響とその評価
　第1節　はじめに
　第2節　富士スバルライン建設による沿道の自然環境への影響
　第3節　富士スバルラインの環境評価
　　1）　社会的多属性効用関数の決定
　　2）　費用の見積もり
　　3）　費用と便益のトレード・オフ比
　　4）　Option Value の算定
　　5）　純便益ＮＢ算定の結果
　第4節　考　察
おわりに
＜付録＞　富士スバルラインの工事費の概算

はじめに

本稿の目的は，環境問題についての，政策的意志決定に有効な環境評価手法の提出と，環境問題における個別問題への学際的アプローチの必要性を示すことにある。

第1章　環境の経済学的評価の必要性と意志決定のための環境評価

第1節　環境の経済学的評価の必要性

環境を測定するための科学は，主に自然科学において発達を遂げてきた。そしてその成果は政策決定や，環境アセスメントに応用されてきた。ここで注意されなければならないのは，それがあく

までも測定であって評価ではないということである。他方，政策決定やアセスメントは環境について何らかの判断を下す。では測定と判断の媒介となるべき評価はどのように行なわれているのか。たとえば日本の環境アセスメントを見ると，残念ながら今のところ主観的評価によっているといわざるをえない。

日本では現在環境アセスメントが法制化されておらず，閣議決定にとどまっている。地方公共団体における環境影響評価制度は条例制定団体としては三都道府県，一政令指定都市，要綱等制定が十九府県，三政令指定都市，二市の二十四団体である（1988年4月現在)。それぞれの制度の内容には多少の違いがあるが，大体において次のような手続きで進められる。事業者が環境アセスメント実施計画書を自治体に提出し，それについて協議が行なわれる。当局のOKが出たところで，アセスメントが開始される。費用は事業者の負担であり，環境アセスメントの実施会社等に委託して行なわれる。その結果が環境影響評価書案（多くの自治体では準備書という名称である）としてまとめられ，市民に公表される。これはいわば事業者側のバラ色の予測であるが，縦覧期間が短く，手段も限られているため，実際に市民の意見が反映される可能性は少ない。したがってこのバラ色の予測が評価書となり，許認可が決定し，早々に事業が実施されてしまうのである。

そしてこの評価書には，物質的な測定値や予測値とともに，根拠の不明確な「問題なし」という判断が並んでいる。実測値は動かしようのないものであるとしても，それが住民に与える社会的，経済的，心理的インパクトについての考察が行なわれ，ある合理的な判断基準に基づいた評価を通過していなければ，これを客観的な環境評価ということは出来ない。

また今日の日本の環境アセスメント制度の大きな問題点として指摘されているのは，代替案の提出を義務付けていないことである。つまり，よりよい内容の計画を取捨選択することができないということである。現在日本では，東京一極集中の裏で，第一次産業の斜陽化，人口流出に伴う地方の活力の低下が大きな社会問題となっている。過疎化に悩む地方が地域振興のための基盤整備を計画し，それが自然破壊につながる恐れがあるという指摘を受けることもしばしばである。青秋林道や石垣島の空港問題はその例として挙げられるだろう。このような場合，開発か，自然保護かというオール・オア・ナッシングの選択肢のみでは不十分である。後に富士スバルラインの例で示すように，開発プロジェクトで問題が生じる場合，計画自体よりも計画の内容に不備があったり，部分的に修正することによって環境への影響の程度がかなり違ってくるという場合も多いと考えられる。

したがって，大切なのは，その開発は本当に必要なのか，ほかの方法で目的を達成することは出来ないのか，計画を縮小することは出来ないのか，自然のどの部分をもっとも残さなくてはならないのか等について，詳細に議論を詰めることである。そこで，代替案の比較検討を十分に重ねた上で，最終的な判断を下すことができるような制度に改善してゆく必要があるだろう。

そしてその場合には，一層客観的な評価手段の確立が必要になってくる。そういった意味で，経済学的評価は，一つの客観的評価基準を提供できるだろう。ゆえに環境の経済学的評価について考えようとするのである。

ちなみにアメリカでは1969年に国家環境政策法（NEPA）が制定され，その102条の「環境に対する影響に関する報告書（EIS)」についての規定の中に代替案を義務付ける規定がある。

第2節　意志決定のための環境評価手法

政策的意志決定を念頭に置いた環境評価手法を考える場合に，費用－便益分析及びミクロ経済学的アプローチの応用による便益評価手法は，次のような改善を必要とする。

1）環境の再生不可能性と Option Value

費用－便益分析では，あるプロジェクト実行によって将来にわたって生じる費用と便益について，通常その期待値を用いて，割引現在価値を求め，現在におけるプロジェクトの実行の是非を判断する。したがって技術の進歩や，将来便益の不確実性によって，その値が大きく裏切られることもあるわけである。一般に環境問題の対象となる財は，再生困難な場合が多いため，予測値が大きくはずれると，社会にとって，取り返しのつかない大損失になりかねない。そこで，ある程度プロジェクト実施による便益の不確実性が解決され，将来の便益のメドが確実になるまで，プロジェクトについての決定を保留するという選択肢も考えるべきであろう。そこで再生困難な環境について費用－便益分析を行なう際に，次のような概念を導入することが必要である。開発が不可逆な場合に，開発するか保全するかの選択を不確実性が解決されるまで先伸ばしにすることの利益を選択価値（Option Value）と呼び，一般に次のように定義する。

$$OV=E[\max\{NB(0,\theta),\ NB(1,\delta)\}]-\max\{E[NB(0,\theta)],\ E[NB(1,\delta)]\} \quad (1\text{-}1)$$

：ただし，NBは将来期の純便益；0は保全の選択；θは保全した場合の純便益の確率分布；1は開発の選択；δは開発した場合の純便益の確率分布をそれぞれ表わす。

これを多期間モデルに適用するために次のように考える。多期間に拡張する場合，不確実性の解決する時点がいつなのか確定できないということが問題になる。しかしもし，不確実性の解決する時期についての可能性が予測できれば，不確実性が解決される時期の確率分布を使って，Option Value の期待値が計算できる。技術開発などの場合何年後に開発可能かについて，ある程度メドがつくのが普通であるから，その場合実際に算定可能である。

いまT期間の費用－便益分析を考える。例えば，第1期（現在は0期とする）から第N期の各期に便益の不確実性が解決する確率をそれぞれ $k_n(0\leqq k_n\leqq 1,\ n=1,\ \cdots\cdots,\ N,\ k_1+\cdots\cdots+k_N=1)$ とする。そのそれぞれの場合，$n-1$期までは確実に保全することになるので，t期（$1\leqq t\leqq n-1$）の純便益は保全の期待純便益$E[NB_t(0)]$で計算する。そしてn期以降については不確実な開発の純便益と不確実な保全の純便益のいろいろなケースを想定して，2期モデルと同じようにその最大値の期待値を取る。これを $k_1,\ \cdots\cdots,\ k_N$ で加重したものを Option Value とすれば良い。つまり

$$OV=k_1\cdot E\{\max[\sum_{t=1}^{T}NB_t(0,\theta),\ \sum_{t=1}^{T}NB_t(1,\delta)]\}$$
$$+k_2\cdot[E\{\max[\sum_{t=2}^{T}NB_t(0,\theta),\ \sum_{t=2}^{T}NB_t(1,\delta)]\}+E\{NB_1(0)\}]$$

$$+k_3\cdot[E\{\max[\sum_{t=3}^{T}NB_t(0,\theta),\ \sum_{t=3}^{T}NB_t(1,\delta)]\}+\sum_{t=1}^{2}E\{NB_t(0)\}]$$
$$+\cdots+k_N\cdot[E\{\max[\sum_{t=N}^{T}NB_t(0,\theta),\ \sum_{t=N}^{T}NB_t(1,\delta)]\}+\sum_{t=1}^{N-1}E\{NB_t(0)\}]$$
$$-\max[\sum_{t=1}^{T}E\{NB_t(0,\theta)\},\ \sum_{t=1}^{T}E\{NB_t(1,\delta)\}] \qquad (1\text{-}2)$$

ただし $NB(0,\theta)$, $NB(1,\delta)$ はこの場合，割引現在価値である。

2) 分配問題

実用性のために費用－便益分析が捨象してきた点は，費用と便益の社会的分配の問題である。開発プロジェクトや法的規制の導入について，実際に費用－便益分析を行なった例[(1)]を見ると，社会的便益の分配に預かる主体をかなり限定，または単純化している。

しかし1970年代の日本の公害問題のように，受益者と被害者がはっきり2分されるような環境問題はむしろ特殊であり，一般に今日深刻化している環境問題においては，ある環境の改変が様々な主体に影響を及ぼす場合がほとんどである。例えば地域の観光開発について，後に評価を試みる富士山スバルラインの建設を例にすると，富士山の原生的な自然を満喫したい登山者，観光道路を利用してレクリエーションを楽しむ人々，マスコミを通じて富士山の自然を楽しむ人々，富士山の観光需要によって経済的に潤う地元の人々などが影響を受けると考えられる。このような現象は地域開発だけでなく，都市のゴミ処理場の建設問題，トラック輸送の発達や乗用車の増加による近年の沿道での排気ガス濃度増加問題，更にオゾン層の破壊や CO_2 濃度の増加など地球規模の環境問題についても同様のことが言えるだろう。こうした受益者間の便益のトレード・オフこそが，環境問題の焦点であり，事態の紛糾のもとなのである。したがって便益の分配面を捨象したモデルは適応範囲がきわめて限定的にならざるをえないといえるだろう。

3) 情報，知識の不完全状態で観察される顕示選好から導かれる需要関数の問題

環境問題についての費用－便益分析では，費用の算定は比較的容易であるが，社会的便益の算定は大変困難である。それは環境財には概して市場が存在しないからである。市場で取引される財からの便益の評価には一般に消費者余剰という概念が用いられる。これは市場で観察される需要関数が明らかならば算定できる。しかし市場のない財の需要関数は普通には観察不可能である。そこで，消費者の支払い意志を何らかの形で観察するために様々な方法が考えられてきた。主なものに，Bidding Game による Willingness to Pay の直接的評価，Travel Cost Approach, Hedonic Price Approach[(2)] が挙げられる。

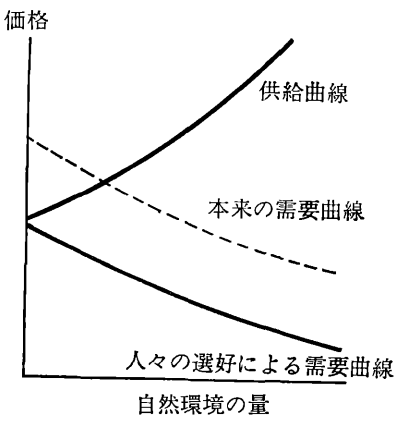
ここで問題になるには，消費者の環境の価値に関する知識や情報は一般に不十分だということである。つまり，消費者が環境財の性質や構造をどこまで分節化してその価値を判断できるかという

注（1） 例えば，Krutilla and Fisher [1975] を見よ。

（2） これらの方法の解説は Freeman III (1979) に詳しい。

ことである。例えば自然環境はいろいろな要素を含んでいる。植物の植生の状態や動物の生息状態やその他多くの側面がある。それらを総合的に判断して価格付けすること，または価格付けの元になるランク付け（たとえば，開発の程度によって結果的にどの程度動植物に被害が出るかということをいろいろな場合について比較できること）をすることは，実際，専門家でなければ困難である。それは後述の富士スバルラインの例を見れば，明らかであろう。富士山の気象や地形，植生や生態系の性質，また建設工事の手順や建設費用等について知らなければ，富士スバルラインの価値についての評価は下せない。

環境についての情報や，自然科学的専門知識が不十分な消費者の選好を正確に観察し，それを政策的意志決定に持ち込んだとしたら，それは結果的に資源配分を歪めることになるだろう。



その結果，次のようなことが生じる恐れがある。消費者が専門的知識のなさから，ある地域の自然環境について本来の選好より低めの選好を示すとしよう。それから導かれた需要曲線は，本来の需要曲線より下方にとどまることになる。他方，その自然環境は，自然科学的な専門的評価と将来の再生可能性についての慎重な予測に基づいて考えると，かなり貴重なものであるとする。このような場合，この自然環境についての需要曲線は供給曲線は交わらない。したがってこの結果をそのまま政策決定に持ち込んだとしたら，この自然環境は損なわれることになる。

4) 分配問題と情報ロスへの対応

これらの問題点を対処するために，まず消費者の情報の不完全性を前提として評価を行なう。つまり環境の物質的な性質（例えば自然環境であれば生態系の性質や安定性，稀少生物の存在，気象や地形的条件，景観等）を科学的な専門的知識を駆使して分析し，その結果から利害当事者のグループについて効用関数を与えてやる。そして諸グループ間の利害関係（つまりトレード・オフ比）は外性的に動かせるようにしておく。そしてそれに適当な価格付けで変換して便益関数とし，環境問題の争点となっている諸案について費用－便益分析を行なう。そしてトレード・オフ比等について当事者にこの評価案を打診し，もし異論が多ければ修正する。こうしてフィードバックを繰り返した後に，最終的な環境問題の評価を決め，政策的判断を下すわけである。

このような方法は，ちょうど現実の環境アセスメント制度の取るべき方向性と一致する。つまり，環境影響評価案を提示し，利害関係者の意見を十分に聞いた後最終的な環境影響評価書を作成するという過程である。したがって，それをシステマティックに行なえることになる。

上記の環境評価過程での効用関数の決定には，多属性効用関数の導入が有効であると考えられる。

なぜならば，ある条件を満たせば，社会的な効用関数はその決定要因それぞれ一つずつの，他の変数を一定にした条件付き効用関数の和または積の形で表わせるからである。つまり個々の主体や物質的属性の性質を吟味して，ひとつひとつの変数について効用関数の形を決めることができるのである。

＜付録＞ 多属性効用分析について

多属性効用分析とは多目的意志決定，つまり共通の尺度ではない，互いに相葛藤する，複数の目的に関する評価（満足度）を最大にする政策を代替的な選択肢の中から選択するという問題を，多属性効用関数の評価に基づいて解く方法である。

多目的意志決定問題を式で表わしてみよう。一般にm個の目的を変数とする多目的評価関数をVとすると，これは次のように書ける。

$$\max V(f_1(x),\ f_2(x),\ \cdots\cdots,\ f_m(x)) \qquad (1\text{-}3)$$

ただし$f_1(x)$は目的関数（$i=1\cdots\cdots m$）でxは政策変数（つまり具体的な貨幣量や物理量を表わす）である。次にこれらの目的関数を個々の最適化にこだわらずに，その効率性の測度（すなわち達成度）を示すものとし，これを属性と呼んで，$z_1, z_2, \cdots\cdots, z_m$で表わすと，式(1)はつぎのように書ける。

$$\max U(z_1,\ z_2,\ \cdots\cdots,\ z_m) \qquad (1\text{-}4)$$

Uを多属性効用関数と呼ぶ。この関数は次の二つの条件を満たすとき，容易に計測可能な形の関数に書き直すことができる。

(1) 基数的効用関数の存在

基数的効用関数とは，数値間の大小の順序付けのみ意味がある序数的効用に対して，単に順序関係ばかりでなく，数値的な順序の間の差の比較にも意味がある効用関数である。つまり二つの同じ選好関係を表わす基数的効用関数 $U(L)$ と $V(L)$ は正の一次変換の関係すなわち

$$V(L)=\alpha U(L)+\beta \quad (\alpha>0)$$

という関係にある。

(2) 効用独立及び選好独立

（効用独立）ある属性 z_i 以外の属性のベクトルを Z_i とすると，任意の Z_i が与えられたとき，条件付き効用関数 $u_i(z_i, Z_i)$ は他の任意の Z_i' の条件付き効用関数 $u_i(z_i, Z_i)$ の正の一次変換で表わすことができる。つまり，

$$u_i(z_i, Z_i)=g(Z_i)+h(Z_i)\cdot u_i(z_i, Z_i')$$

（選好独立）ある2つの属性 z_i, z_j 以外の属性の値が一定に保持されている場合に，z_i, z_j の水準のみを動かしたあらゆる選好順序がその他の属性の与えられた水準に依存しない。

多属性効用分析の核心は，この2つの仮定が満たされるならば一属性効用関数 $u_i(z_i)$ を用いて，多属性効用関数Uを次のように書き直せるということである。

$$\max U(u_1(z_1),\ u_2(Z_2),\ \cdots\cdots,\ u_m(z_m))$$

具体的には多属性効用関数Uは一属性効用関数の和，または積の形で表わせる

（加法型）　$u(Z)=\sum_{i=1}^{m} k_i u_i(z_i)$　　(1-5)

（乗法型）　$ku(Z)+1=\prod_{i=1}^{m}[Kk_i u_i(z_i)+1]$　　(1-6)

ただし①　$U(Z)$ は多属性効用関数

② $u_i(z_i)$ は z_i 以外の属性の値を与件とした条件付き（一属性）効用関数

③ $U(Z)$, $u_i(z_i)$ はもっとも悪い値0，もっとも良い値1を取るように基準化されている。

④ k_i は属性 z_i をもっとも良い値に，それ以外の属性をもっとも悪い値にしたときの効用水準

⑤ Kは $1+K=\Pi(1+Kk_i)$ を満たすスケール定数

⑥ (1-5) の形をとるのは加法的独立が成立している場合。つまり

「事象（z_i, z_j, z_{ij-}）と（z_i', z_j', z_{ij-}）を等確率で発生させるくじと，事象（z_i, z_j', z_{ij-}）と（z_i, z_j, z_{ij-}）を等確率で発生させるくじが無差別である」

という条件が満たされるとき（ただし z_{ij-} は i, j 以外の属性ベクトル）。

第2章　富士スバルライン建設の環境への影響とその経済評価

第1節　はじめに

富士スバルラインは富士山の山梨県側を麓から5合目まで結ぶ県営有料自動車道である（河口湖南岸船津ー5合目小御岳付近）。総延長29.52km，総工費17億円をかけて1961年9月に着工，1964年3月に完成した。この道路は海抜高865mから同2,306mと，森林限界付近まで亜高山帯針葉樹帯を貫くもので，以下に述べるような様々な理由から沿線の樹木の枯損が目に付いたため，観光道路による自然破壊の典型としてマスコミにも大きく取り上げられ世間の非難を浴びた。

しかし昨今においては沿道樹木の枯損はかなり回復してきており，マスコミの糾弾も影をひそめている。今改めて冷静にこのプロジェクトを分析することは，自然環境の開発に付いて論ずるうえで重要な示唆を与えてくれる。この章では前章の議論に基づいて，経済評価モデルを設定し，このプロジェクトを評価することにする。

第2節　富士スバルライン建設による沿道の自然環境への影響(3)

スバルライン開設が自然植生に及ぼした影響は次の3段階に分けられる。

(1)　予定路線の林木の伐採後――林木の風害

注（3）　環境庁は1971年の発足当初から観光道路の自然破壊の対策に乗り出そうとしたがその基礎となる学問的資料に乏しかったため，昭和47，48，49年度の3年間にわたり，自然保護協会に委託して調査を実施した。調査対象として富士地区と阿蘇地区が選ばれた。本節の記述は主にその資料を元にしたものである。

日照や風の変化による成木及び稚樹の冬季乾燥害，林床植物の乾燥害

(2) 路面造成段階——地形の新たな変化による上記の害の新たな発生

捨土害

爆薬による飛石，工事中の転石による被害道路法面の侵食，流出に伴う被害

道路排水による水食被害

雪の吹き溜まり地形形成による雪圧害等

(3) 道路利用段階——人による踏圧，盗採，傷付け，ごみ投棄，除雪による雪害等

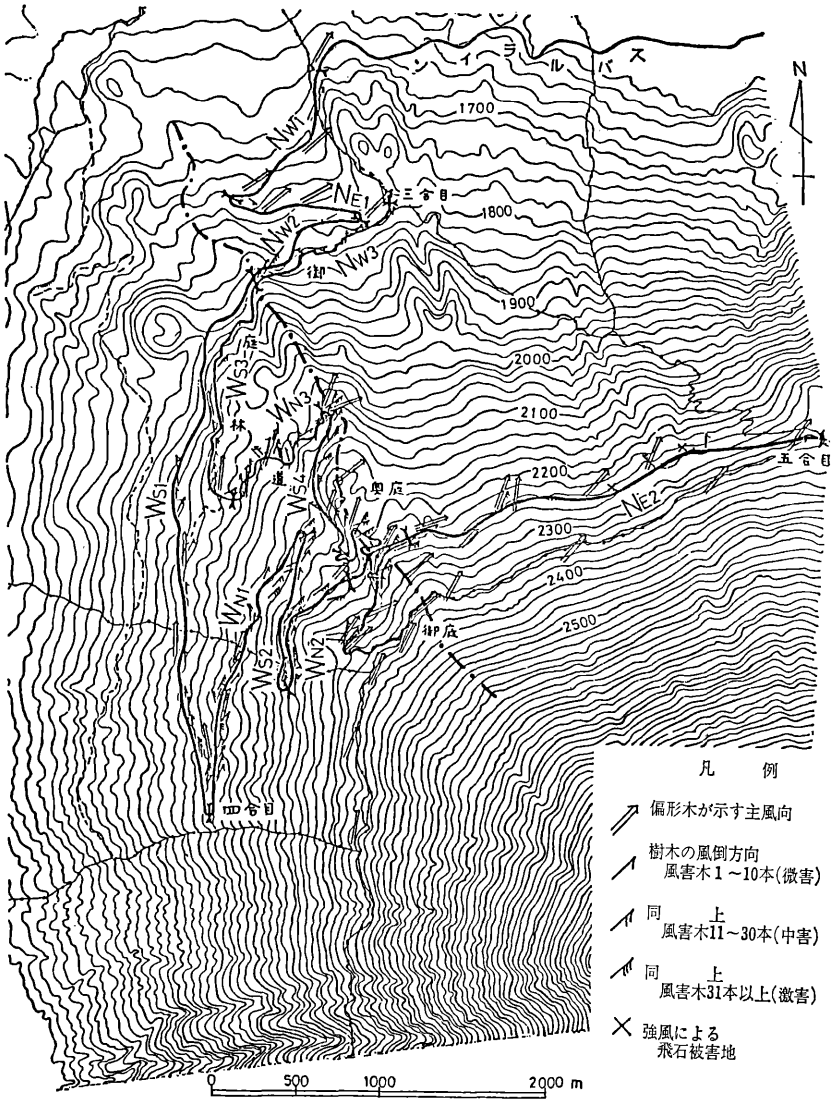
中でも特に樹木の枯損させる重大な原因は風害，立枯害（冬期乾燥害），捨土害である。次にこの3つについて詳しく言及しよう。

1) 風害

富士スバルラインは，麓の船津から富士山の北斜面を山頂方向に登り，海抜高1,500m付近より西に方向を転じるが，その間に海抜高1,745m，1,788mに2か所ヘアピンカーブがある。海抜高1,835mで西斜面に入り，海抜高2,019m，2,112m，2,158mの3つの地点で屈曲蛇行してその後また北斜面に入り，5合目に到着する（図1）。ところが，富士山の北斜面では南西方向から山体を斜めに吹き上げる風が，西斜面では南南西方向から山体斜めに吹き下ろす風がほぼ年間を通して吹く。また高度が上がるにつれて風速が強まり，特に冬期に強風が吹く。このため第3ヘアピンと第4ヘアピンの間，第五ヘアピンの直後の道は風道に当る。したがってこの付近の道下や道の突き当たりの被害が特に多い。その他地形的に見て小尾根の南西斜面と尾根上，風上側に広く伐開された空間（捨土面，駐車場，作業場等）があるところでも被害が大きい。富士スバルラインの場合森林の伐開幅が20m～30mのところが多く伐開幅が広い（切取道路のため）。また風害は遷移段階の若い初期相の植生ではほとんど起こらないで，極盛相を構成する樹木がもっとも被害を受けやすいが，スバルライン沿いには亜高山帯の極盛相を構成するコメツガ，シラベ，アオモリトドマツが多い。これらの条件が風害の被害をさらに大きくしている。

被害の経年変化について触れて置くと，針葉樹は1年では枯れず，年に幾度かの強風を受けて徐々に枯れていく。そして風除けを失った後方の樹木へと枯れが進んでいく（特に枯損木を取り払った場合）。したがって道路開設からしばらくは年々被害が拡大してゆく。スバルラインの場合開設から10年後くらいがもっともひどい状況だったそうである（山梨県林業技術センター長田十九三氏の弁）。ただし環境庁の調査では最終的に「従来より懸念されているように道路建設により森林植生の破壊が無限につづくというようなことは，ヘアピンカーブ地帯の狭小な部分を除いては見られない。」と結論づけている。

図 1　偏形樹が示す主風向と樹木の風倒方向，および道路区分



2）　立枯害

立枯害は次の2種類から成る。

a）伐開林縁木に寒候期の乾燥した風が当たって蒸散が促進され，また土壌や幹，根が凍結して水分供給が絶たれることによる林木やその枝葉の一部の枯れ。

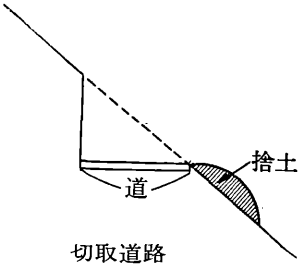
b）強風によって隣接する木や枝葉が擦れたり当たったりすることによって枝葉が折損され，枯れて衰弱する被害。

海抜が高いほど被害が大きいこと，伐開幅が広いほど被害が大きいこと，地形や風向との関係は風害と同じである。樹種では，被害木はコメツガ，シラベ，アオモリトドマツが大部分を占めるが，

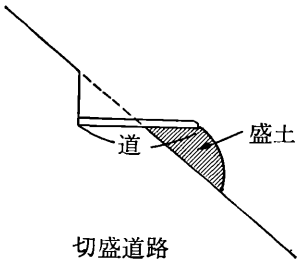
ダケカンバやカラマツも若干ある。(4)(5)

3) 捨土害

捨土害とは道路建設時に山肌を切り取った捨土砂によって，樹木の樹幹下部や林床植物が埋没することによって枯死に至る被害。根部が深く埋没して酸素不足になるためと見られる。富士スバルラインは切取道路であるため捨土が大量に発生するが，その残土を直下斜面に捨てる方式を取っているため，この種の被害が大量に発生した。また路幅が広いほど，また傾斜が急なほど捨土が大量に発生するが，スバルラインの場合前者が当てはまる。又ある程度以上傾斜が急（26°以上）であると捨土がずり落ちて被害が拡大するし，また表土が安定しにくいため植生の回復も遅れる。被害を受けやすい樹種はアオモリトドマツ，コメツガ，シラベで次いでトウヒ。カラマツやダケカンバ，ミヤマハンノキは被害を受けにくい。



切取道路



切盛道路

第3節　富士スバルラインの環境評価

環境庁の調査の結果，このような被害状況が明らかになったが，結論としてスバルライン建設の問題点は主に①捨土害の発生する切取道路にしたこと，②路線の決定の際地形，風向等を十分に調査し，風害，立枯害の発生を最小限に食い止めるルートを選択するべきであったこと，であるとしている。そこで実際に行なわれたプロジェクト（Case-1）と，この2点を考慮した場合のプロジェクト（Case-2）と，スバルラインを建設しない場合（Case-3）についての社会的純便益の比較を行なってみよう。

建設期間が3年で，その後約20年間で植生のある程度の回復が可能であると考えられるので，これらの期間を含めて建設開始より50年間を純便益の評価の対象期間とする。手順としては，まず便益を求めるために多属性効用関数を同定する。そのために，その構成要素となる一属性効用関数を

注（4）　外見上風害と立枯害は次のように分類する。
風害：強い風により，林木が風倒，挫折，傾斜して枯損したもの。
立枯：蒸散や冬期の寒さにより枯損したものや，物理的障害があり，枝や主幹の上部から枯れてくるもの。

（5）　林床植物の乾燥害
乾燥害は樹木だけでなく，林床植物にも影響を及ぼす。ダケカンバ林やカラマツ林などの初期～途中相の群落では，林床植物も陽性植物で占められているため，伐開によって風当りが強くなってもその影響が認められないことが多い。しかし極盛相の林床は大半がイワダレゴケ，タチハイゴケによって優先されていて伐開によって低湿度の強風や陽光が林内に入り込むと林縁から林内へ5～10mまでそれらが衰弱，枯死している場合が多い。

決めなければならないので，それぞれの効用関数の変数である属性の値を経年的に求め，関数型を決めてパラメータを求める。そしてこれらの一属性効用関数間のスケール定数を決めると，多属性効用関数が求まる。これに，50年間の各期の属性の値を代入して，各期の効用水準を求める。

さて，ここで一つ難しい問題に直面する。便益の部の多属性効用関数によって求められた効用水準は，もっとも満足な状態を1とした度数で表わされている。もしも建設費用を無視して良いのなら，開発案の場合，度数表示のままで便益指数[6]として用いて，代替案と純便益の比較を行なうことが可能である。しかし，今回の評価の場合，(Case-1) と (Case-2) の建設費用の格差と，その結果として生じた植生破壊の違いによる便益の格差が重要なポイントであるから，度数表示の効用レベルを，貨幣価値に変換するか，または建設費用を効用の度数に変換するかしなければならない。本稿では交換比率を Travel Cost Approach の助けを借りて，当りをつけることにした。

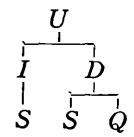
これを用いて (Case-1)，(Case-2)，(Case-3) の各期の貨幣価値表示の便益水準から建設・維持管理費用を差し引いた純便益を求め，50期分の割引現在価値の総和を求める。更に (Case-3) については，(Case-1)，(Case-2) を開発純便益として算定した Option Value を足しあわせたもの

$$\sum_{t=1}^{50}(B_t-C_t)/(1+r)^t+OV \qquad (2\text{-}1)$$

をプロジェクトの純便益との比較に用いる。

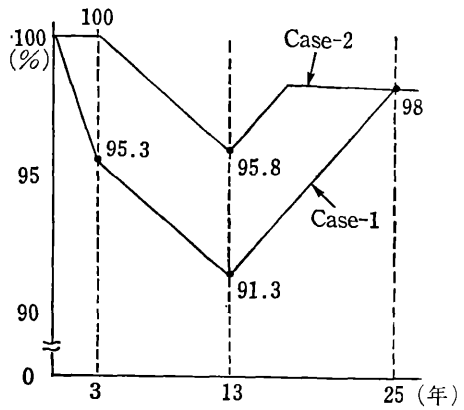
1) 社会的多属性効用関数の決定

多属性効用関数は右図のような構造を持つ。つまり観光客の直接的な効用とマスコミ等の情報から意見を形成する人々の間接的な効用の関数であるとし，前者は効用の量的側面としての年間利用者数と質的側面としての植生回復率の関数，後者については1つの集計的な意見として量的側面は無視して植生回復率からの効用のみの関数とする（ただしDは直接的な効用；I は間接的な効用；S は植生回復率；Q は観光客数)。そしてこの中で植生回復率について，不確実性を仮定する。

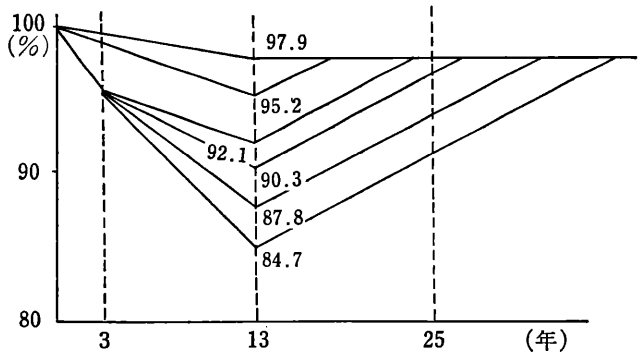


① 植生回復率

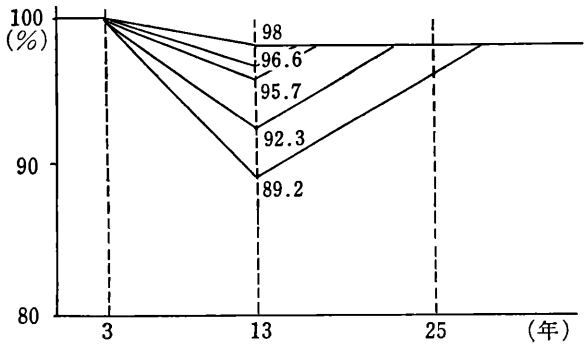
まず「もとになる植生の回復経路」を求める。植生回復率は100%から枯損率を引いたものとし，枯損率は以下のように計算する。道上30m，道下40m[7]の1haあたりの被害なしの場合の立木の推定本数と推定被害本数を計算し，各区間の枯損率を計算する。調査地6ないし7区間の平均を求め，これを枯れがもっとも進んだ開設後10年目の枯損率とする。経年的には，(Case-1) については建設直後に捨土害のみが生じ，それから枯れが年々進んで第13期に表1の風害＋立枯害＋捨土害の平均値，つまり枯損率8.7%に達し，第25期に



植生回復経路



捨土害＋風害＋立枯害の場合



風害＋立枯害の場合

枯損率２％に戻るという回復経路を仮定して，その間は直線的につなぐ。(Case-2) については建設直後には枯れがなく，その後風害と立枯害のみが (Case-1) と同様に進み，やはり開設後10年目で最悪の状態になり，表１の風害＋立枯害の平均値4.2%に達し，その後 (Case-1) と同じ回復速度で回復するという経路を考える。

この回復経路をもとにして，不確実な植生回復経路の確率分布を求める。まず (Case-1) と (Case

注（６） ０～１に度数化した効用水準と便益には次のような関係がある。

所得yで価格が P_0 から P_1 に変化する時，間接効用関数をVとすると，効用変化 ΔU は

$$\Delta U=V(P_1, y)-V(P_0, y)$$

所得の限界効用一定の時，これを効用最大化の一階の条件を使って書き直すと，

$$\Delta U/\lambda=-\int X(P, y)\cdot dP$$

ただし$X(P, y)$は需要関数，λは所得の限界効用を表わす。

右辺はちょうど消費者余剰を表わす。U/λ を 0～1 に基準化してやれば，例えば効用レベル 0.3 の便益は，０から0.3への効用変化について $\Delta U/\lambda$（消費者余剰）を求めることに等しい。

（７） このような値を設定した理由は次のとおりである。

・航空機による赤外線カラー写真による分析によると，道路開設による地表熱の高温地帯が自然環境に変化をもたらした範囲と見ることができ，その幅は道路より20mが限界ではないかと結論づけられていること。

・固定ブロックの設定による枯損木の本数，枯損率の測定より道上は林縁より30m，道下は林縁より40m（捨土害のため）が富士スバルラインの被害のほぼ最大範囲と考えられること（表１）。

・この調査は道路開設後８～10年後のもっとも被害の拡大していた時期におこなわれたものであること。

表 1　道上・道下の上木の生立木本数（ha 当たり）と枯損率（%）

直径階	林縁からの幅	0—10m 道上	0—10m 道下	10—20m 道上	10—20m 道下	20—30m 道上	20—30m 道下	30—40m 道下
4—10 cm	立木本数	867	978	1,289	1,950	783	2,367	1,633
	枯損率	26.4	16.2	18.9	15.2	14.5	10.1	5.8
11—20 cm	立木本数	411	589	389	583	267	1,100	400
	枯損率	54.3	28.4	37.5	37.5	23.8	14.3	29.4
21—30 cm	立木本数	222	367	289	433	200	383	133
	枯損率	42.9	13.2	42.2	16.1	20.0	4.2	20.0
31cm 以上	立木本数	89	189	211	150	283	133	233
	枯損率	33.3	22.7	29.6	0	22.7	0	0

表 2　1 ha あたりの枯損率および調査地全体の集計

		枯損がない場合の haあたりの本数（本）[1]	捨土害 haあたりの本数	捨土害 枯損率（%）	風害＋立枯害 haあたりの本数	風害＋立枯害 枯損率（%）	風害＋立枯害＋捨土害 haあたりの本数	風害＋立枯害＋捨土害 枯損率（%）
NW_1	道上		0	0	37	8.5	37	8.5
調査区間	道下		62	14.3	3	0.7	65	15.0
1,095m	合計	433	35	8.1	17	3.9	53	12.2
NE_1	道上		0	0	9	2.1	9	2.1
調査区間	道下		30	6.9	22	5.1	53	12.2
840m	合計	433	17	3.9	16	3.7	34	7.9
NW_2	道上		0	0	18	1.2	18	1.2
調査区間	道下		20	1.3	21	1.4	41	2.7
820m	合計	1,510	12	0.8	20	1.3	31	2.1
WS_1	道上		0	0	80	5.3	80	5.3
調査区間	道下		57	3.8	11	0.7	68	4.5
3,525m	合計	1,510	33	2.2	40	2.6	73	4.8
WN_1	道上		0	0	111	11.4	111	11.4
調査区間	道下		140	14.3	38	3.9	178	18.2
1,935m	合計	977	80	8.2	69	7.1	149	15.3
WS_2	道上		0	0	172	10.4	172	10.4
調査区間	道下		134	8.1	17	1.0	151	9.1
1,015m	合計	1,654	77	4.7	83	5.0	160	9.7
WN_2	道上		—	—	146	8.8	—	—
調査区間	道下		—	—	65	3.9	—	—
895m	合計	1,654	—	—	100	6.0	—	—
加重平均[2]				4.7		4.1		8.5
平均				4.7		4.2		8.7

1）富士スバルライン沿線の優良林分調査（山梨県林業技術センターによる）から。

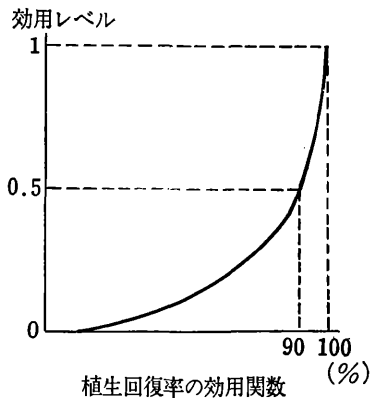
2）調査区間の長さによる加重平均。

3）捨土害の調査地は 6 か所，風害と立枯害の調査地は 7 か所。

-2) の場合には，次の右図のような6つの事象が当確率で起こるような確率分布が予想されるとする。つまり環境庁の調査の対象となった6区間の枯損率にバラツキがあることに着目して，その6区間の枯損率をそれぞれの場合の道路開設10年後の値とし，その後の回復測度が，前述の「もとになる回復経路」と一致するようにする。また開設当初の捨土害による枯損率は基本的に一律とし，開設10年後の値と直線的に結ぶ（ただし（Case-2）については，調査結果が回復率95.3%以上の場合は，建設開始時の枯れのない状態と直線で結ぶ）。（Case-3）の場合は枯損率0%のままである。

次に植生回復率の効用関数を設定する。回復率100%のとき便益は1，回復率0%のとき0，回復率90%のとき0.5とする。これを $S_t=ax^b$ の関数型に代入して解くとパラメータの値が求まる。その結果，

$$S_t=x^{6.5788}/100^{6.5788} \qquad (2.2)$$



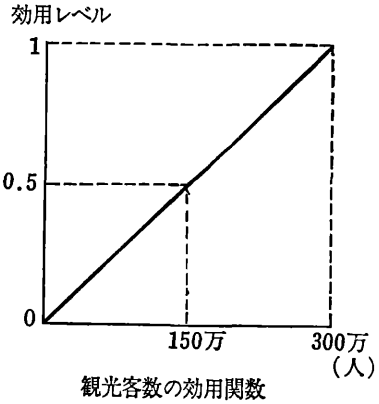
植生回復率の効用関数

② 観光客数

次に示すのが富士スバルラインの昭和63年度の年間車両通行台数である。この数字は開設当初よりほとんど変化が見られないので，これを毎年の年間車両通行台数とする。

普通車……	470,010（台）	
大型1種……	5,758	
大型2種……33,710		
軽自動車……42,836		（1989年3月現在；
軽車両……	6,300	河口湖富士有料道路
計……	558,614	管理事務所による）

これより，普通車には2人，バスには15人が乗車しているものとすると，合計年間利用者数は1,500,564人となる。



観光客数の効用関数

観光客の効用は，景観の質が一定ならば人数に比例すると考えて良いだろう。ただし観光客があまり増えると混雑現象が起こる。ここでは観光客0人のとき効用が0，300万人のとき1となるような線形関数を設定する[8]。したがって

$$Q_t=x/3,000,000 \qquad (2\text{-}3)$$

③ 直接的効用

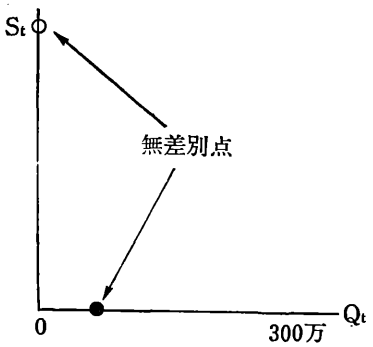
以上のような効用の量的側面としての年間利用者数と質的側面としての植生回復率から観光客が得るレクリエーションからの効用関数を決定する。(1-6) 式より

注（8） 300万人は5合目の駐車場の収容限度を表わす。5合目駐車場の収容台数は500台。1回の停車時間を1時間，3～11月の朝9時から午後3時までの6時間と，7，8月はそれに夜の9時間（1回利用数250台止まり）の利用をプラスして，駐車場利用限度台数を算出。年間通行車両の各車種の占める割合を計算して，利用限度人数を計算する。

$$K\cdot D_t+1=[Kk_S\,S_t+1][Kk_Q\,Q_t+1] \qquad (2\text{-}4)$$

とおける。ここでまずスケール定数 k_S, k_Q を決定するためにトレード・オフ実験をする。

富士山についての意識調査（静岡総合研究機構〔1987〕）の中の富士山への接触経験の調査によると，首都圏のサラリーマンで富士山の5合目から山頂まで登ったことのある人は全体の13.4%，富士山の5合目まで自動車で行ったことがある人は全体の57.3%である。ということは富士山に登る人の中で5合目以上に登るのが目的である人の割合は約20%であるということになる。そこで，彼等約20%の人々にとっては沿道の植生が壊滅的であっても5合目まで道路がある状態と道路がなくて植生が全く破壊されていない状態は無差別であると考える。すると，



無差別実験

$$D_t(100\%,\ 0\text{人})=D_t(0\%,\ 60\text{万人})$$

$$k_S\,S_t(100\%)=k_Q\,Q_t(60\text{万人})\ ^{(9)}$$

$S_t(100\%)=1$, $Q_t(60\text{万人})=0.2$ より

$$k_S=0.2\,k_Q \qquad (2\text{-}5)$$

ここで k_Q を決めるために π －確率実験を行なう。これは Q_t の変数がもっとも良い状態（300万人）に，S_t の変数がもっとも悪い状態（0%）にある場合と，他方で確率 π ですべての変数が最良値（100%，300万人）をとり，確率 $1-\pi$ で最悪値（0%，0人）をとるような「くじ」を考える。これらが無差別になるような π の値を決める。この値が決まれば，

$$D_t(0\%,\ 300\text{万人})=k_Q Q_t(300\text{万人})=\pi\cdot 1+(1-\pi)\cdot 0\cdot\pi$$

$$\therefore\quad k_Q=\pi \qquad (2\text{-}6)$$

今 π を0.3とすると $k_Q=0.3$ ${}^{(10)}$ となる。これを第1章で説明した $1+K=\Pi(1+Kk_i)$ に代入して解くと，スケール定数 K は320/9になる。したがって直接的な効用の関数 D_t は(2-5)式にこれらを代入して解くことにより次のような

{100%，300万人}

{0%，300万人} ～ l ＜ π / $1-\pi$

{0%，0人}

π －確率実験

注（9） 多属性効用関数 $u(x_1, \cdots\cdots, x_n)$ の x_i 以外にある値（まとめて X とする）を与えた条件付き（一属性）効用関数を $u_i(x_i)$ とすると，x_i が X より効用独立の場合

$$u_i(x_i)=u(x_i,\ X)=u(x_0,\ X)+b(X)\cdot u(x_i,\ X_0)$$

ただし x_0, X_0 はそれぞれのもっとも悪い値；b は与えられた X によって決まる定数；u, u_i は基準化された関数だから，$x_i=x_0$ のとき

$$u_i(x_0)=0,\ u(x_0,\ X_0)=0$$

これを両辺に代入すると，

$$u(x_0,\ X)=0$$

これを代入し，$1/b(X)=k_i$ とおくと

$$u(x_i,\ X_0)=k_i\,u_i(x_i)$$

(10) $\pi=0.2$, 0.3, 0.4 で感度分析を行なったところ，直接的効用と間接的効用のトレード・オフ比1：1の場合の（Case-2）の NB の値はそれぞれ32,355,878,227円，32,616,564,914円，32,868,200,291円で小差であった。

形をとる。

$$D_t=0.64\,Q_t\cdot S_t+0.06\,Q_t+0.30\,S_t \qquad (2\text{-}7)$$

④ 社会的多属性効用関数

観光客の直接的な効用の関数は今求めたとおりだが，マスコミ等を通じた間接的な効用は質的側面のみを考慮するので S_t をそのまま使う。

そこで D_t と S_t のトレード・オフ比を決め，直接効用関数の場合と同様にπ－確率実験のπを決めてやれば，社会的多属性効用関数が求まる。ただし今加法的独立性が成り立っているものと仮定する。つまり社会的多属性効用関数は直接的効用と間接的効用の加重和となるのである。

一般に，さまざまな利害関係者のトレード・オフ比を決めるために，次のように評価案を社会にフィードバックすることが技術的に可能である。つまり，様々な利害主体間のトレード・オフ比としてさまざまな値をとった場合に，諸代替案の中で，もっとも純便益の大きいものがどのように変化するか，という複数の評価案を行政当局に提示し，社会的にどのトレード・オフ比を選択すべきかということを検討する（実際には，例えば投票やアンケートによって適当なトレード・オフ比の選択を行なえば良い）。

この方法に沿って，直接的効用と間接的効用のトレード・オフ比について分析を行なうことにする。この2者のトレード・オフ比を $\alpha:1-\alpha$ とすると，社会的多属性効用関数は

$$\begin{aligned} U_t&=\alpha D_t+(1-\alpha)\,I_t \\ &=0.64\,\alpha\cdot Q_t\cdot S_t+0.06\,\alpha\cdot Q_t+(1-0.70\,\alpha)\cdot S_t \end{aligned} \qquad (2\text{-}8)$$

これをもとにして，以下で様々な α の値の場合の純便益を算定する。

2） 費用の見積もり

(Case-1) の建設費用は総工費17億円を3年で割って，1年当たり566,666,667円と考えれば良い。

問題は (Case-2) の建設費用である。環境庁の調査（注3参照）の報告によると，前述のとおり，スバルラインの問題点は主に①捨土害の発生する切取道路であること②路線の決定の際に地形，風向等を十分に調査し，風害，立枯害の発生を最小限に食い止めるルートを選択すべきであったこと，であると考えられている。そこで切取道路と切盛道路の建設費用を概算し，樹木の枯損が生じたと考えられる区間（ここでは環境庁の調査区域を流用する）について切取道路を切盛道路に変えた場合の建設費用を算出する。また日本において事前の環境アセスメントにかけられる標準的な費用は建設費用の1～3％ぐらいなので，スバルラインの総工費の3％をアセスメント費用として上乗せする。

実際に計算してみると切取道路の場合，調査区間の切土量が165,483.2m³で，土工の作業単価が礫質土の場合で187円/m³，中硬岩の場合2,888円/m³である。他方切盛道路の場合調査区間の切土量が46,613.5m³で，作業単価が礫質土の場合488円/m³で，中硬岩では3,189円/m³である（詳細は章末の付録で述べる）。したがって調査区間の土工のみにかかった費用は切取道路で75,642,371円，切盛道路で35,337,694円。1961年の卸売物価指数44.0でデフレートしてやると，それぞれ33,282,643

円と15,548,585円である。またアセスメント費用を総工費17億円の3％とすると5,100万円である。これらより総工費から切土土工分を差し引いて盛土土工分とアセスメント費用を足しあわせると，1,733,265,942円になる。これを環境への影響を最小にする（Case-2）の建設費用ということにする。この工事は3年間に渡るものであったから単純に3で割ると1年間の投資費用は577,755,314円である。

年々の維持管理費用については道路補修等も含めた全体額は明らかでないが，育林等に要する費用の予算については富士山有料道路修景事業として公表されている。予算内容は客土，緑化，保育，監視，枯損木処理，採種・種蒔き，追肥，崩落等防止である。

1970-74	35,000,000円	年平均—— 7,000,000円
1975-81	42,000,000円	年平均—— 6,000,000円
1982-88	70,000,000円	年平均——10,000,000円

（河口湖富士有料道路管理事務所による）

単純化のために，データの欠損もあるので毎年7,000,000円ということにする。

3） 費用と便益のトレード・オフ比

社会的多属性効用関数から導かれる度数表示の便益を貨幣換算するために現在（1988年度）の富士スバルラインの通行料金収入の合計を求めると，713,263,880円である。この時の直接的効用水準は，0.378175033であるから，これをトラベル・コスト・アプローチで考えると，これが効用水準0.378175033に対する支払い意志額となる。したがって直接的効用水準1に対する支払い意志額は1,886,068,137円となるから，直接的効用と間接的効用のトレード・オフ比がα：$1-\alpha$であることを考えると，年々の貨幣表示の便益は

$$B_t=1.886,068,137\,U_t/\alpha$$

4） Option Value の算定

植生の回復についてのみの不確実性を考慮する。保全する場合は植生回復率は常に100％でこれは確実値とする。そのほかの属性についてはすべて確実値としてとることにして，前述の6つの事象が生起した場合それぞれの純便益の割引現在価値を求める。この値を使って次の式から Option Value を算出する。植生についての不確実性が解決できる確率を1—20期についてそれぞれ1/20とすると，

$$\begin{aligned}OV=1/20[&\{1/6\sum_{d=1}^{6}\max[\sum_{t=1}^{50}NB_t(1,\ d),\ \sum_{t=1}^{50}NB_t(0)]\}\\&+\{1/6\sum_{d=1}^{6}\max[\sum_{t=2}^{50}NB_t(1,\ d),\ \sum_{t=2}^{50}NB_t(0)]+NB_1(0)\}\\&+\{1/6\sum_{d=1}^{6}\max[\sum_{t=3}^{50}NB_t(1,\ d),\ \sum_{t=3}^{50}NB_t(0)]+\sum_{t=1}^{2}NB_t(0)\}+\cdots\\&\cdots+\{1/6\sum_{d=1}^{6}\max[\sum_{t=20}^{50}NB_t(1,\ d),\ \sum_{t=20}^{50}NB_t(0)]+\sum_{t=1}^{19}NB_t(0)\}]\end{aligned}$$

$$-\max\{1/6\sum_{d=1}^{6}\sum_{t=1}^{50}NB_t(1,\ d),\ \sum_{t=1}^{50}NB_t(0)\} \qquad (2\text{-}9)$$

ただし $NB_t(1,\ d)$ は建設が行なわれる場合に事象 d が生起した時の t 期の純便益

5) 純便益 NB 算定の結果

1)～4) の設定にしたがって NB を計算した。様々な α の値を与えた時の (Case-1)～(Case-3) の値と，Option Value の値は，表3の通りである。

表 3

単位：円	(Case-1) の純便益 (Case-3) の純便益 (Case-3) の純便益＋OV (Option Value)	(Case-2) の純便益 (Case-3) の純便益 (Case-3) の純便益＋OV (Option Value)
直接便益：間接便益 1 : 3	79,964,409,344 103,295,381,681 103,295,381,681 (0)	92,926,682,368 103,295,381,681 103,295,381,681 (0)
1 : 2	54,325,654,784 68,966,986,568 68,966,986,568 (0)	63,184,303,872 68,966,986,568 68,966,986,568 (0)
1 : 1	28,532,454,912 34,431,793,893 34,674,839,025 (243,045,132)	33,262,758,144 34,431,793,893 35,077,987,123 (646,193,230)
2 : 1	15,655,188,528 17,190,086,006 18,671,735,804 (881,649,798)	18,324,416,432 17,190,086,006 17,761,151,209 (571,065,203)
3 : 1	11,388,467,141 11,477,264,631 12,819,052,498 (1,341,787,867)	13,374,784,736 11,477,264,631 11,813,386,532 (336,121,901)
4 : 1	9,245,469,472 8,607,948,473 9,650,335,581 (1,042,387,108)	10,888,787,936 8,607,948,473 8,844,939,981 (236,991,508)
5 : 1	7,972,018,704 6,902,892,653 7,764,636,906 (861,744,253)	9,411,514,592 6,902,892,653 7,081,010,893 (178,118,240)
6 : 1	7,107,472,080 5,745,328,502 6,491,183,591 (745,855,089)	8,408,591,904 5,745,328,502 5,883,477,913 (138,149,411)

注) 観光による直接的効用を実際の料金収入と等しいものとして計算したため，(直接効用：間接効用) の値が異なるものの間で金額を比較すること，つまり，縦に金額を比べても意味がない。

どの比率を用いても，(Case-1) と (Case-2) では，アセスメントを十分に行ない，工法に関しても注意を払った (Case-2) のほうが，純便益が大きいということは明らかである。(Case-3) の純便益＋OV との比較では，2：1～4：1 の場合，(Case-2) のみが (Case-3) に優越し，5：1 以上の場合は，(Case-1)，(Case-2) がともに (Case-3) に優越する。したがって，富士スバルラインについては，観光客による直接的な便益が，人々が植生保護から間接的に得る便益の2倍以上と見なされるならば，十分な事前調査と慎重な計画を前提として，建設が正当であったと認められる。しかし実際に行なわれたプロジェクトでは，4倍以上の便益が認められないかぎり，開発は正当でなかったということができる。

また (Case-1) において4：1の場合，Option Value を考慮しなければ，開発は正当化されるが，これを算定に加えれば現時点での保全がより純便益が高い。これはつまり，将来の便益の不確実性が解決されるまで，開発を見送るべきであることを示している。

第4節　考　察

以上の結果を見れば，開発の是非のみではなく，プロジェクトの内容の選択が，社会的な便益に致命的な影響を与えるということがはっきりと読み取れると思う。富士山が亜高山帯の脆弱な植生を抱える山であることは確かであるが，それが麓まで及ぶわけでなく，平凡なカラマツ林の部分もある。したがってコースの選択や工法が社会的便益に大きく影響するということである。

また評価の過程で明らかになったのは，狭い意味での効率性を追及するために環境を犠牲にするという外部不経済の図式では，富士スバルライン建設プロジェクトの不備については，説明が付かないということである。つまり費用節約を狙った安上がり工法による建設から起こった環境破壊ではないということである。費用の見積りの項で明らかなように，捨土害を起こす切取道路よりそれが発生しない切盛道路のほうが実際には安上がりなのである。そもそもスバルラインは前述のとおり県営道路であり，県の起債による資金と国の補助金，そして開設後の通行料金をファンドにしているから，合理的な利潤最大化行動は期待できない。実際は建設当時の地元建設会社との関係や工期の制約等の理由から，プロジェクトが上記のような形で行なわれたのではないかとも考えられるが，これは憶測の域を出ない。

最後に，この評価モデルは社会的便益のほんの一部しか含んでいないということは確認しておかなければならない。多属性効用関数を導入することの有効性は，自然環境の様々な要素を一つ一つ一属性効用関数の形で取り上げ，それらを物理的，生態学的関係を反映して多属性効用関数を合成すること，また様々な利害を持った主体の一属性効用関数を合成することにより，その利害関係を反映した効用関数が導けることにあった。その有効性を生かしてより厳密な分析を行なうためには少なくとも次の要素が加えられなければならないだろう。

第1に，動物の生息状態である。日本の潜在植生がほとんど森林であるから，樹木については一度破壊されても再生するのは時間の問題であると考えて良いが，生態系の中でより再生困難である

のは植物よりも動物のほうである。動物の種は一度絶滅してしまえばそれで終りである。スバルライン付近については，道路の開設によって鳥類の分布に変化が起こったことは確認されているが，その定量的な分析や，他の動物についての調査は全く行なわれていない。

第2に，貴重な高山植物の状況である。上述のように，森林のカバーが取り去られたことにより，乾燥等による林床植物の被害が出る恐れがあるとともに，道路開設後高山植物の盗採がかなり起きているといわれているが，これについても今のところ調査は行なわれていない。

第3に，スバルラインの開通が麓の地域に及ぼした影響である。登山者や観光客の増加に伴って地元が経済的に潤うということが，スバルライン建設のひとつの目的であったはずだから，これについても分析の必要がある。

おわりに

現代においては，人間の一挙一動が環境問題につながるといっても過言ではない。そのような性質上，環境問題は全面的な解決は望むことができず，常に部分的な対策を頼みにしなければならない。その場合，人間活動のどの部分を環境問題と認識し，対策をどの程度まで講じるか，ということの検討が必要となる。そのために環境の評価をどのように行なうかという方法が確立されていかなければならないと考える。そのような問題意識を基礎にして，拙稿では環境について自然科学的な測量及び検討をもとに，社会的な意志決定に直結した評価を行なうことを目指して，実験的な分析を行なった。

最後に，このような分析のためには環境に関するデータの整備が不可欠である，ということを強調しておきたい。富士スバルラインに関してこのような大規模な調査は経年的には行なわれていないし，これに類するレベルのものさえ，他の林道等の山間道路については発見することが出来なかった。地球環境が大きく取り上げられる昨今であるが，その一方で動植物の生態系に関する情報はあまりにもお粗末である。国レベルで，このような地道なデータベース作りにもっと人材と金銭を回すべきではなかろうか。

≪付録≫　富士スバルラインの工事費の概算（土工部分のみ）

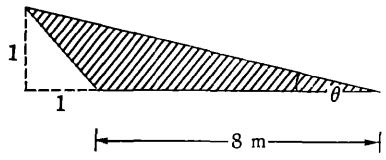
1)　切土量の計算

工事概要より，道路幅8m，切土勾配1：1，盛土勾配1.5：1であるから，次図のような道路断面を考えて，調査区間の路長をかけ合せてそれぞれの切土量（斜線部）を求めた。結果は表4のとおりである。

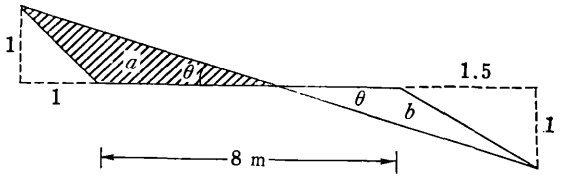
それによると調査区間約 1.2 km で切取道路の切土量は 165,483.2 m^3，切盛道路の切土量は 46,613.5 m^3 で，前者が後者の3倍以上である。

2)　各工法の作業単価

切取道路



切盛道路



※a＝bとなるような切土量

表 4

調査区間	路長 (m)	傾斜 (度)	切取道路 切土量 (m^3)	切盛道路 切土量 (m^3)
N_W 1	1,095	11	8,455.5	2,251.9
N_E 1	840	11	6,486.4	1,727.5
N_W 2	820	15	9,602.1	2,649.0
W_S 1	3,525	17	49,665.8	14,005.9
W_N 1	1,935	15	22,658.7	6,251.0
W_S 2	1,015	18	15,631.4	4,463.3
W_N 2	895	22	19,569.6	5,905.7
N_E 2	2,610	16	33,569.6	9,359.2
計	12,735		165,483.2	46,613.5

＜切土工法＞

（作業工程）

岩石（中硬岩）の場合発破掘削し，トラクターショベルで運搬（路肩に捨土）する。礫質土の場合トラクターショベルにより掘削運搬（路肩に捨土）を行なう。

（作業単価）

発破掘削　2,954円/m^3

岩石工のトラクターショベル作業（クローラ式，山積 1.8—1.9m^3）　294円/m^3

礫質土工のトラクターショベル作業（クローラ式，山積 1.8—1.9m^3）　187円/m^3

＜切盛工法＞

（作業工程）

切り取り工法と同様に掘削，運搬した後，ブルトーザーで敷均しし，タイヤローラで締め固めを行なう。

（作業単価）

敷均し（ブルトーザ，普通 21 t）仕上り厚さ 0.2m の場合

路体 171円/m^3　　路床 192円/m^3

路体 105円/m^3　　路床 109円/m^3

したがって切土工法の単価は礫質土で 171円/m^3，中硬岩で 2,888円/m^3

切盛工法の単価は礫質土で 105円/m^3，中硬岩で 3,189円/m^3

3) 総経費

礫質土を9割，岩石を1割と考えた場合，調査区間の土工の総経費は，

切土工法——75,642,371円

切盛工法——35,337,694円

≪参 考 文 献≫

Arrow, K. J. & Fisher, A. C. 1974 "Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility," *Quarterly Journal of Economics* 88(2): 312-319.

Fisher, A. C. & Hanemann, W. M. 1986 "Option Value and the Extinction of Species," Smith, V. K. (ed.) *Advances in Applied Micro-Economics, A Research Apnnual vol. 4——Risk, Uncertainty, and the Valuation of benefits and Costs* Greenwich, Connecticut/London: JAI Press Inc.: 169-190.

Fisher, A. C. & Hanemann, W. M. 1987 "Quasi-option Value: Some Misconceptions Dispelled," *Journal of Environmental Economics and Management* 14: 183-190.

Freeman Ⅲ, A. M. 1979 *The Benefit of Environmental Improvement: The Theory and Practice,* Baltimore: Johns Hopkins University Press

Johansson, Per-Olov 1987 *The Environmental Measurement of Environmental Benefits,* London: Cambridge University Press.

Keeney, R. L. 1974 "Multiplicative Utility Functions", *Oprations Research* 22: 22-34.

Keeney, R. L. & Raiffa, H. 1976 *Decisions with Multiple Objectives: Preference and Value Tradeoffs,* New York: Johnwiley & Sons Inc. (高原康彦・高橋亮一・中野一夫監訳 1980『多目標問題解決の理論と実例』，東京：企画センター).

Krutilla, J. V. & Fisher, A. C. 1975 *The Economics of Natural Environments,* Baltimore: Johns Hopkins University Press.

長田十九三・清藤城宏・田辺 昭 1984「富士スバルラインに見る植物の回復」，『林業技術』506：21-24.

環境庁 1973『昭和47年度 道路建設に伴う森林伐採の生態系に与える影響に関する研究』.

環境庁 1974『昭和48年度 道路建設に伴う森林伐採の生態系に与える影響に関する研究』.

環境庁 1975『昭和49年度 道路建設に伴う森林伐採の生態系に与える影響に関する研究』.

環境庁 1976『昭和50年度 道路建設に伴う森林伐採の生態系に与える影響に関する研究』.

建設機械経費積算研究会（編）1989『建設機械経費の積算』平成元年度版，東京：(財)経済調査会.

(財)建設物価調査会（刊）1989『建設物価』11月号.

工事費積算研究会（編）1978『土木工事標準積算便覧』増補改訂2版，東京：鹿島出版会.

工事費積算研究会（編）1980『土木工事設計手法 1土木工事』，東京：鹿島出版会.

小滝一男・岩瀬徹・伊藤義雄 1971「富士山における人為作用に伴う植生の動態」富士山総合学術調査報告書，東京：富士急行.

瀬尾芙巳子 1984『多目的評価と意志決定』東京：日本評論社.

(財)静岡総合研究機構（編）1987『富士山意識調査一要約版』，B5版61ページ静岡：静岡県商工部観光課.

前田禎三・宮川 清・宮崎宣光・寺師健次 1976「富士山の亜高山帯の森林植生，及びスバルライン沿線の森林破壊とその復元について」，森林生態学論文集一鈴木時夫教授退官記念一.

宮沢光一 1983『経営意志決定』(現代経営学全集 6)，東京：ダイヤモンド社.

山村恒年 1989『自然保護の法と戦略』(有斐閣選書)，東京：有斐閣.

(慶應義塾大学大学院経済学研究科博士課程)