森林経営基盤整備計画における代案比較のための利用価値分析の応用性について(2)

誌名	三重大学生物資源学部紀要 = The bulletin of the Faculty of Bioresources, Mie University
ISSN	09150471
著者名	芝,正己 Loeffler,H.
発行元	三重大学生物資源学部
巻/号	7号
掲載ページ	p. 21-36
発行年月	1992年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

三重大生物資源紀要
第7号：21～36
平成4年1月31日

森林経営基盤整備計画における代案比較のための利用価値分析の応用性について（Ⅱ）

——投資計算を含む利用価値分析による路網代案の評価——

芝　正己・Hans Löffler*
三重大学生物資源学部，*ミュンヘン大学林学部

Anwendungsmöglichkeiten von Nutzwertanalyse für Variantenvergleich bei Walderschliessungsplanung (II)

——Beurteilung der Erschliessungsvarianten mit Hilfe der Nutzwertanalyse einschliesslich der Investitionsrechnung——

Masami Shiba und Hans Löffler*
Bioressourcenswissenschaftliche Fakultät der Universität Mie
*Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München

Kurzfassung

Das Kernstück dieser Arbeit ist zu prüfen, ob die Nutzwertanalyse bei Auswahlproblemen auf dem Gebiet der Erschließungsalternativen als Entscheidungshilfe benutzt werden kann. Dazu stellt man zum Vergleich **die kapitalwertmethode** und eine Kombination von **Nutzwertanalyse** und **Investitionsrechnung.**

Als benötigte Erschließungsvarianten zur Bewertung dienten die vier bereits vorgestellten Wegenetzalternativen am Beispiel des Erschließungsgebiets Universitätsforst **"Tano"**. Aufgrund des Zielsystems wurden für die Analyse 6 Bewertungskriterien festgelegt, nämlich:

—**Finanzielle Auswirkungen** (die Neubaukosten, der Hiebunreifeverlust un die Instandhaltungskosten),
—**Auswirkung auf den Flächenverlust,**
—**Auswirkung auf die Rückentfernung,**
—**Auswirkung auf den Erschließungseffekt,**
—**Auswirkung auf Natur- und Wasserhaushalt.**

Im allgemeinen kommt den verschiedenen Kriterien im Rahmen der Gesamtwertung eine unterschiedliche Bedeutung (Präferenzen der Auswirkungen) zu. Dies wird durch die Voreinstellung der Kriterien berücksichtigt (z.B. **intersektorale paarweise Vergleichsmethode**). Um die Sensibilität der Bewertungsergebnisse auf unterschiedliche Voreinstellung zu prüfen (**Sensibilitätsanalyse**), wird hier mit zwei sich stärker unterscheidenden Voreinstellungsreihen gerechnet: mit einer Reihe, welche die **betriebswirtschaftlichen** Aspekte stärker betont (**Bewertungsalternative B**) und mit einer die **naturhaushaltlichen** Kriterien stärker bewertenden Reihe (**Bewertungsalternative A**).

平成3年7月15日　受理

Innerhalb der **Bewertungsalternative A** zeichnete sich eine klare Rangfolge ab: der Status quo war unter den Annahmen dieser drei Bewertungsalternativen die vorteilhafteste. Ihr folgten mit relativ kleinem Abstand der Nutzwertziffern die Varianten 1 und 2. Die Variante 4 lag fast ausnahmslos auf dem niedrigsten Rang. Auch bei der **Alternative B** erwiesen sich die Varianten 1 und 2 als die vorteilhaftesten.

Aufgrund der Bewertungsergebnisse würde man dem Entscheidungsträger **die Varianten 2 oder 1** zur Realisierung empfehlen. Das Ergebnis der Nutzwertanalyse stellt wie die Investitionsrechnung eine Entscheidungshilfe für die Wahl der dort geeigneten Erschließung dar.

Stichwörter: Investitionsrechnung (**IR**), **Nutzwertanalyse (NWA)**, Nutzen-Kosten-Untersuchungen (**NKU**), Zielsystem, **Sensibilitätsanalyse**

緒　　言

林内路網による基盤整備は，森林経営上の何らかの正の効果を得ることを目的として行われるものであるから，「その狙いとした効果がどのくらい達成されるのか？」，また，逆に，「その計画が引き起こす負の効果（影響）がどの程度なのか？」，などについて客観的に評価する方法が要求される。

このような路網計画の評価法としてこれまでに示されてきた方法を，神崎[1]は以下のように分類している。

1） 路網の正の効果，例えば，利用可能となる区域の面積や収穫量によって表現する方法。

2） 路網の正の効果については特定せず，道路開設費，維持管理費，集材費，道路敷地による潜在的生産能力の損失等の負の効果の合計値を基準とする方法。

3） 路網によって得られると考えられる正の効果（例えば，木材価格の上昇分等）と，負の効果の差額分（余剰効果）の内，金額的に把握できるものの合計を評価値とする方法。

4） 金額的に捉えられる効果だけでなく，金銭的に捉えられない正・負の効果についても，記述法・分類・順序付け等の方法によって評価し，多次元的に表現する方法（**費用—効果分析**）。

5） 多次元的に表現されたものを，重みを付けて合計する手法によって，一次元的表現にまとめて評価する方法（**利用価値分析**）。

Tabelle 1. Charakteristika der Methoden der Nutzen-Kosten-Untersuchungen (NKU)
利用—費用—解析（NKU）の評価法の分類と特徴

事　項	投資計算 IR*1	費用—利益分析 KNA*2	費用—効果分析 KWA*3	利用価値分析 NWA*4
評価基準の可測性	費用と収入金額で表現	利益と費用金額で表現	利益と金額は感覚的表現，費用は金額で表現	利益と費用金額と感覚的表現
目的関数	一元的	一元的	多元的	多元的
重み付け（優先度）	しない	しない	する	する
選択基準（最適性基準）	資本価値・年均等償却費・内部利率・収益性	利益—費用比率	達成度—費用比率	無次元の利用価値
評価法のカテゴリー区分	(1)—(2)—(3)		(4)	(5)

*1 IR: Die Investitionsrechnung　*2 KNA: Die Kosten-Nutzen-Analyse
*3 KWA: Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse　*4 NWA: Die Nutzwertanalyse

Tabelle 2. Übersicht über Charakterisierung der Erschliessungsvarianten
代案路網の配置特性の概略

項　目	単位	現状	代案1	代案2	代案3	代案4
幹線・支線経営道	Km	27.96	35.81	39.30	42.38	52.33
作業道	Km	4.19	3.21	1.06	1.00	0
路網密度	m/ha	64.0	77.7	80.3	86.4	104.2
外部連結点数	—	0	2	4	5	7
平均集材距離	m	105.63	84.64	75.95	64.85	51.19
実開発率（E1）	%	64.59	66.23	75.16	77.26	84.43
間隔修正係数（Kn）	—	2.110	2.505	1.967	1.964	1.904
集材距離修正係数（Kr）	—	1.280	1.049	1.240	1.112	1.121
総合修正係数（Kg）	—	2.7008	2.6278	2.4395	2.1894	2.1337
路網配置特性・基盤整備の目標			短・中期的施業計画の実行に重きを置く	生態系・水文環境的側面に重きを置く	路網開設の技術的難易・山地保全的側面に重きを置く	車両系を前提とした全域的集約施業区域の拡大に重きを置く

以上の内，1)～3) の評価法は，これまでわが国においても一般的に用いられてきた方法であるが，4)，5) についてはほとんど研究されていない。

最近になって，Löffler 等の「Walderschliessung」[2] が紹介されるに至って初めて，その評価法とともに有効性が認められてきている。これらの1)～5) の評価法は，ドイツにおいては，「利益―費用―解析：Nutzen-Kosten-Untersuchungen（NKU）」と呼ばれているが[3]，その基本的な特性に従って分類すると，表-1 のようになる。

林内路網による森林経営基盤整備の段階は，その社会的・経済的・技術的変化とともに推移していくものであろうが，森林の取扱いと利用が多目的かつ高度になればなる程，その評価水準も前述の1)→5) へと移行していかなければならない。その典型的な経営環境として，中部ヨーロッパの保続林施業を考えることができる[4]。近年における，わが国の森林利用に対する社会的要求は，すでにこの段階の入口にさしかかっているように考えられる。

そこで，本稿では，前報[5] で紹介した宮崎大学田野演習林の代案路網を解析の対象として（表-2），資本価値法を含めた一連の利用価値分析による評価法について，総合的な考察を加える。

なお，本論における諸経費や作業功程の算定は，「田野演習林業務運営計画書」，「作業記録日誌」，「林産物売り払い簿」，「造林・林道台帳」等からの実績数値を参考にした。

最適路網密度の決定と総費用の算定

自動車道を前提とした細部路網整備計画を考える。道路網によって変化する費用として，道路の新設・改修費（作業道），維持管理費，集材費，歩行費，道路敷地による生産林地の損失費，の5項目の費用合計を考える。なお，当該演習林では，収穫木はいずれも林道脇に椪積みしての売り払い方式をとっているので，運搬費はこれに含めないものとする。費用は，（円/ha・年）当たりで求め，路網密度を WD（m/ha）とする。

(1)　道路の新設・改修費：RCON（円/ha・年）

単位長さ当たりの道路建設費は，敷砂利費を含めて1300円/m とする。ここで，減価償却期間 n＝30年，計算利率 p＝4.3%とすると，均等償却費率 r は次式から得られる。

$$r=(1.0p^n\times 0.0p)/(1.0p^n-1)$$
$$=\{(1.043)^{30}\times 0.043\}/\{(1.043)^{30}-1\}$$
$$=0.05995491$$

従って，道路の新設に伴う年均等償却費は，

$$RCON=1300\times 0.05995491\times WD$$
$$=2476.1378\times WD \qquad (1)$$

(2)　維持管理費：RMAI（円/ha・年）

演習林のこれまでの実績から，単位長さ当たりの維持管理費は，新設費の2％（26円/m・年）程度が見込まれる。

従って，

$$RMAI=26\times WD \qquad (2)$$

(3)　集材費：HAR（円/ha・年）

路網密度によって変化するものだけを取り上げる。集材作業はトラクタ全幹集材方式で行われているが，道路から50mの集材距離で約3770円/m^3である。従って，単位長さ当たりの集材費は75.4（円/m^3・m）となる。保続伐採計画に基づく利用材積（m^3/ha・年）として，針葉樹経営林及び広葉樹経営林合わせて9.63m^3/ha・年が予定されている。現状の路網配置での，道路までの平均的な実集材距離の総合修正係数Kgが2.7704であることより，

$$HAR=(75.4\times 9.63\times Kg\times 2500)/WD$$
$$=5028982.45/WD \qquad (3)$$

(4)　林内行き来（歩行）費用：WAL（円/ha・年）

1985～1988年の実績より，必要とされる作業人工数は，育林作業で12.58人/ha・年，伐出作業で15.435人/ha・年であった。いずれも，作業に出ると林内を現場まで2往復すると仮定し，林地上の歩行速度を25m/分とする。演習林の非常勤雇用者の平均賃金は，男女共，7000円/日であり，これを分当たりに直すと，14.58円/分となる。平均集材距離REtを，歩行距離と考えると，

$$WAL=\{(12.58\times 14.58+15.435\times 14.58)\times 4REt\}/25$$
$$=452637.6/WD \qquad (4)$$

(5)　路線伐開による損失経費：SLOS（円/ha・年）

道路の幅員として3.0mがとられているが，伐開幅は当然これよりも広くなる。この場合，路線付近の林地傾斜が問題となる。道路敷の幅と林地の平均傾斜から，伐開幅を推定するための方法[6]を示したのが図-1である。図より，道路の幅員を3.0m，平均傾斜を40%とすると，伐開幅は7.5mとなる。しかし，通常，経年的な植生の侵入により，かなりの部分が林地化することが

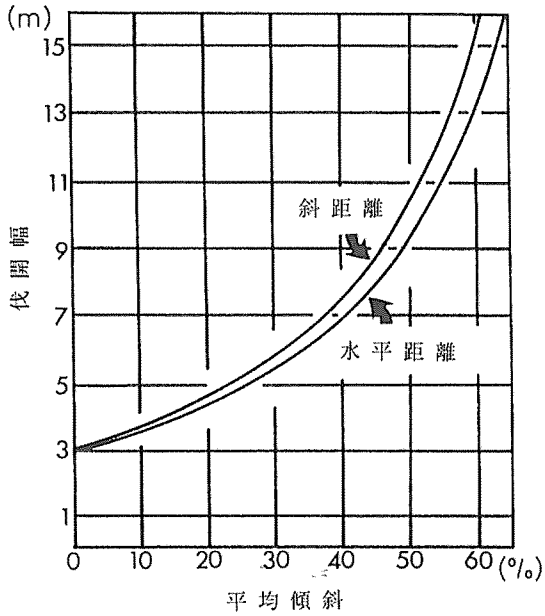

Abb. 1. Aufhiebsbreiten beim Neubau von Waldwegen in Abhängigkeit von der Hangneigung: Die Aufhiebsbreiten gelten für das Profil mit **3 m-breitem Planum.**
路線開設に伴う林地の伐開幅（m）と平均傾斜（%）との関係：道路幅員を3mとした場合の基準横断面に基づいて算定する。

考えられる。そこで，演習林の既設林道を対象として調査したところ，この値として道路敷の約1.5倍が見込まれることがわかった[7]。従って，ここでは実質的な伐開幅として5mを設定した。

過去3年間の山土場での収穫材の平均販売価格は，スギ・ヒノキの混交材:45000円/m^3，常緑広葉樹材：10000円/m^3，落葉広葉樹材：5000円/m^3である（売り払い実績調査1987－1989）。年伐採量に占める樹種別割合から重み付けして算定すると，平均販売価格は35900円/m^3となる。トラクタ集材による伐出経費が平均して12000円/m^3であることより，路線伐開による収穫量の欠損額は，

$$SLOS=\{5\times(35900-12000)\times 9.63\times WD\}/10000$$
$$=115\times WD \qquad (5)$$

(6)　総費用：TOL（円/ha・年）

(1)～(5)の各項目の費用の和をTOLとすると，

Tabelle 3. Zahlentafel zur Herleitung der optimalen Wegedichte
最適路網密度の算定結果表

路網密度	新設・改修年償却費	維持管理費	集材費の距離比例分	林内行き来費用	収穫量欠損額	総費用
m/ha	円／(ha・年)					
5	12380	130	1005797	90528	575	1109410
10	24760	260	502898	45264	1150	574332
15	37140	390	335266	30175	1725	404696
20	49520	520	251449	22632	2300	326421
25	61900	650	201159	18106	2875	284690
30	74280	780	167633	15088	3450	261231
35	86660	910	143685	12933	4025	248213
40	99040	1040	125725	11316	4600	241721
45	111420	1170	111755	10059	5175	239579
50	123800	1300	100580	9052	5750	240482
55	136180	1430	91436	8230	6325	243601
60	148560	1560	83816	7544	6900	248380
65	160940	1690	77369	6964	7475	254438
70	173320	1820	71843	6466	8050	261499
75	185700	1950	67053	6035	8625	269363
80	198080	2080	62862	5658	9200	277880
85	210460	2210	59165	5325	9775	286935
90	222840	2340	55878	5029	10350	296437
95	235220	2470	52937	4761	10925	306313
100	247600	2600	50290	4526	11500	316516

$$TOL=RCON+RMAI+HAR+WAL+SLOS$$

となる。これより，

$$TOL=2617.14\times WD+5481620.1/WD \qquad (6)$$

と表される。

(1)～(5)の各項目別の費用，及び(6)の総費用を算定した結果が表-3である。これより，総費用は路網密度WDが45 m付近で最も少なくなることがわかる。

同様に，図-2は個別費用，総費用を路網密度に対してプロットしたものである。(6)式を微分したものを0に等しいと置くことによって，この路網密度を正確に求めることができる。すなわち，

$$TOL=2617.14\times WD+5481620.1/WD$$
$$(TOL)'=2617.14-5481620.1/WD^2$$
$$\mathbf{WD_{opt}=45.766\ (m/ha)}$$

となる。表及び図より，総費用曲線は，特にRCON, HAR, WAL, そして若干効果は小さくなるが，SLOSによって影響を受けていることがわかる。これに対して，RMAIが及ぼす影響は極めて小さい。この図より特に注目される点は，総費用曲線の左側が右側に比べて，勾配が断然急であることである。これは，経営的に見れば，現在の水準で最適な路網密度以上の基盤整備が行われたとしても，過小な場合に比べてリスクは少ないことを意味している。

以上の総費用算定結果より，現在の基盤整備の水準は，林内路網をさらに40～50 m/ha程度追加しうることを示すものである。すなわち，この値は，代案路網4の水準に匹敵する。

資本価値法による代案路網の評価

1. 資本価値法

資本価値法は，一定の計算期間（減価償却期間）を設

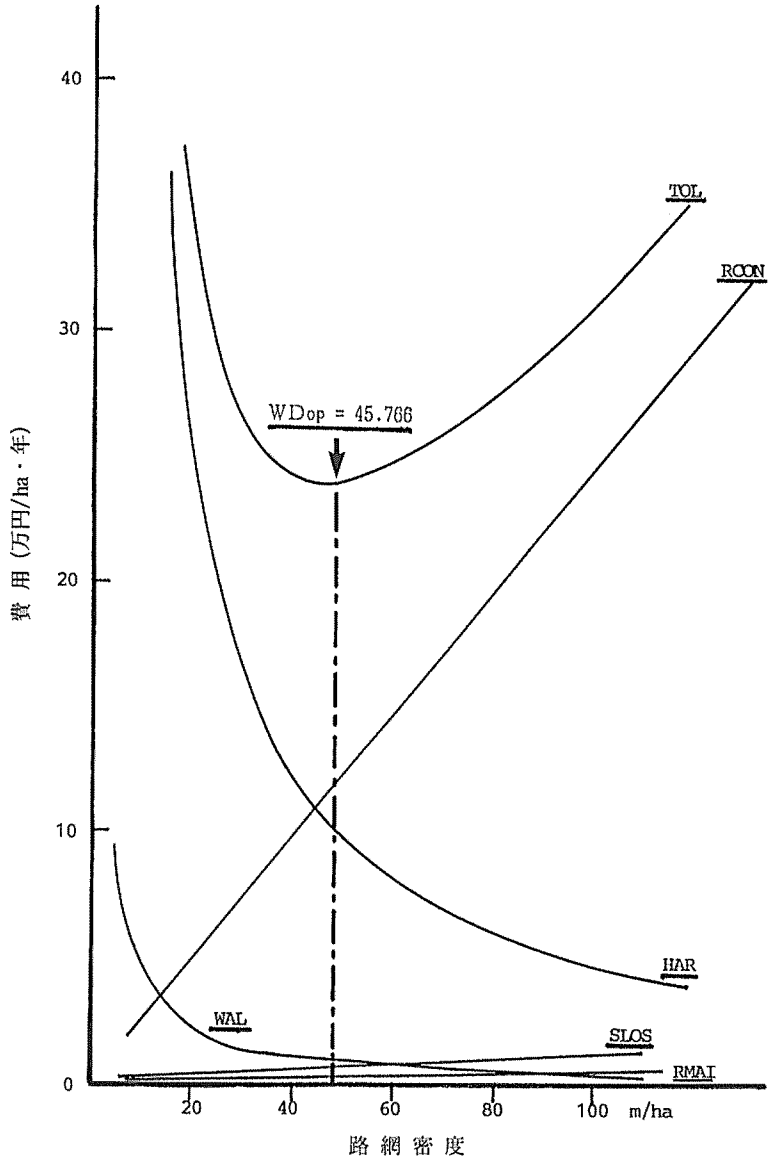

Abb. 2. Graphische Herleitung der optimalen Wegedichte: Gesamttransportkosten-Kurve (**GTK-Kurve**).
個別・総費用曲線から得られた最適路網密度。

定することによって，代案路網と対照案としての現状について，投資費用と路網開設によって影響を受ける経営の費用と収益を比較するものである[8,9]。代案ごとの現状に対する収益差と費用差の差額が正であれば，これが，いわゆる年間利得，または増加収益であり，負の時は，損失または増加欠損を意味する。年単位で求められた利益は，償却期間 (n 年) と計算利率 (p %) によって，現在価に直されるが，年間の利益が一定であれば，次式の前価合計係数 (fv) で簡単に求められる。

$$fv=(1.0p^n-1)/(1.0p^n\times 0.0p) \qquad (1)$$

Tabelle 4.　Ertragsniveau nach Baumarten bei Endnutzungsmöglichkeiten
非集約施業区域における経営仕組み（終伐期利用）

項　目	経営林 スギ・ヒノキ林	常緑広葉樹林	暖帯落葉広葉樹林
作業法	皆伐高林	皆伐低林	皆伐低林
伐期齢（年）	70	100	30
伐採面積（ha/年）	2.5	1.0	0.5
収穫量（m^3/ha）	350	220	150

このようにして求められた利益の前価合計から，当初の投資額を差し引いたものが，いわゆる投資の資本価値である。

2.　代案路網の評価

現状及び代案路網1～4について，資本価値法を用いた解析結果を検討する。施業に関しては，道路の両側50m以内の開発帯を，集約的な保続施業が可能な利用区域（集約施業区域）とし，良質材生産のための枝打ち，除間伐等の育林作業が積極的に行えるものとする。これ以外の地域は，非集約施業区域として現行の施業法に従うものとする（表-4）。

1）集約施業区域における経営環境条件：

—自動車道は，幹線・支線経営道とも林道規程の2級もしくは3級程度の低規格道路とし，幅員3m，制限勾配10%までとする。新設道は，敷砂利費を含めて単価1300円/m，改修費1000円/mとする。

—維持管理費は，幹線・支線経営道とも開設費の2%を見込む。

—収穫量は年々ほぼ一定で，針葉樹及び広葉樹合計で9.63 m^3/haとする。

—木材の販売価格は，林道脇の山土場渡しで平均45000円/m^3とする。

—集材費は，道路から両側50m以内のトラクタ集材可能な領域については，一律に3770円/m^3とする。

—造林・保育のための作業人工数は12.58人/ha，賃金は平均で7000円/人・日とする。

—道路幅員は3mであるが，伐開幅は予定線周辺の平均傾斜（30-40%）を考慮して，実質5mとする。

—前価合計係数fvは，計算期間30年，年利率4.3%として，(1)式より16.6792となる。

2）非集約施業区域における経営環境条件：

道路から50mの範囲を越えた地域については，伐期に一律に350 m^3/haの収穫が期待できるものとし，その経費は12000円/m^3を見込む。苗木代，地ごしらえ等（3000本/ha植え）の造林費用は，平均100万円/haとする。

以上の前提によると，非集約施業区域における伐期での収益Iは，

$$I=(35900-12000)\times350-1000000$$
$$=7365000\ (円/ha)$$

となり，この現在価Inは利率4.3%として，

$$In=7365000/(1+0.043)^{30}$$
$$=2082803\ (円/ha)$$

と評価される。

表-5に，各代案路網についての資本価値法による評価結果を示す。

この例では，全ての代案が正の資本価値を持っていることがわかる。従って，いずれの代案も経営的には，林内路網整備がなされない場合に比べて，良好な状態になることを示している。代案間の差として表されている数値は，それぞれの段階から路網を整備することによってもたらされる期待増収額である。これを見ると，基盤整備の規模，換言すれば，路網密度と期待増収額の関係は必ずしも直線的なものではなく，むしろ一定の水準に達した時その効果が著しく表れて来るような，段階的な変化を示すことがわかる。このことは，代案1—代案2，代案3—代案4の状況から判断できる。

このような結果は，木材販売価格によって大きく変わってくるものであるが，ここでの評価は，育林作業が路網整備で改善されることによって，収益増を期待でき

Tabelle 5. Bewertungsergebnisse von Erschliessungsvarianten mit Hilfe der **Kapitalwertmethode**
資本価値法による路網代案の評価結果

事　項	単位	現状	代案1	代案2	代案3	代案4
(1) 新設長	m	0	6860	8210	11231	20610
(2) 改修長	m	0	983	3125	3187	3756
(3) 路網密度	m/ha	(64)	77.7	80.3	86.4	104.2
(4) 開設費	円/ha	83200	102910	110668	118610	138042
(5) 維持費	円/ha	1664	2020	2088	2246	2709
(6) 間隔修正係数		2.110	2.505	1.967	1.964	1.904
(7) E(50)開発率	%	32.55	40.97	47.04	50.64	60.47
(8) E(50)面積	ha	163.508	205.805	236.296	254.380	303.759
(9) 収穫量	m^3	1574.58	1981.90	2275.53	2449.68	2925.20
(10) 収益	円/ha	141055	177544	203848	219449	262047
(11) 集材費	円/ha	11817	14874	17078	18385	21954
(12) 保育人工数	人	2056.9	2589.0	2972.6	3200.1	3821.3
(13) 保育費	円/ha	28663	36078	41423	44594	53250
(14) 歩行費	円/ha	2302	2387	2652	2653	2627
(15) 敷地分損失	円/ha	2396	2909	4344	5032	7246
(16) 費用合計	円/ha	46842	58268	67585	72910	87786
(17) 経常収益・費用差	円/ha	94213	119276	136263	146539	174261
(18) 前価合計	円/ha	1571397	1989428	2272758	2444153	2906534
(19) 皆伐区収益前価	円/ha	2249348	2842754	3252508	3498885	4166005
(20) 収益・投資差額	円/ha	2166148	2739844	3141840	3380275	4027963
(21) 代案間差	円/ha	83345	573696	401996	238435	647688

る効果に大きく影響していることを示すものである。

資本価値法による各代案路網の評価は，当該地域の路網整備の経済性が，主として 50 m 以内の利用区域（集約施業地域）の大きさに依存するものであり，その結果としての収穫量の違いとして表れてきたことを示している。一方，集材距離の短縮による集材費の減少効果をもってしては，林内路網整備の妥当性を，必ずしも十分に立証できないことも事実である。

利用価値分析による代案路網の評価

1. 基礎概念

従来の路網計画にいては，前項で例示したような投資計算を含む入念な財政的評価を基にして最も有利なものとして得られた路網案が，他の効果についても最適なのだとする考え方が主流であった。技術的計画の際には，合目的に路線選定をすることによって，これらの見解が十分に組み込まれるであろうし，例えば，造林上の利害が優先的に考慮されるといったこともなされるであろう。それにもかかわらず，最近では，金銭的に測ることのできない影響をも評価過程に組み込んだ解析法への期待が増大しつつある。

代案比較による林内路網計画の評価法として，Löffler[10] によって提唱されている利用価値分析（**Nutzwertanalyse: NWA**）は，考えうる全ての影響を対照基準値として可測化し，重み付けによって評価することを目指したものである。この評価法の特徴として，次の点を挙げることができる[11]。

—任意の次元の効果を考慮でき，その影響の測定では任意の尺度を使用できる。
—選択または最適化の基準は，利用価値数で，無次元の順序数である。
—利用価値法は，考えうる代案の序列を決定するだけで，

個々の代案そのものの絶対的評価を追求しようとするものではない。

―投資計算の場合のような，「金額単位の絶対性（一円は常に一円の価値を持つ）の原則」を捨て，異なる次元の基準をまとめて重み付けする。この重みは，計画の決定者がその基準に持たせたいと考えている重要さの表現である。

2. 利用価値分析の評価法と感受性解析[12)]

評価法の流れを図-3 に示す。

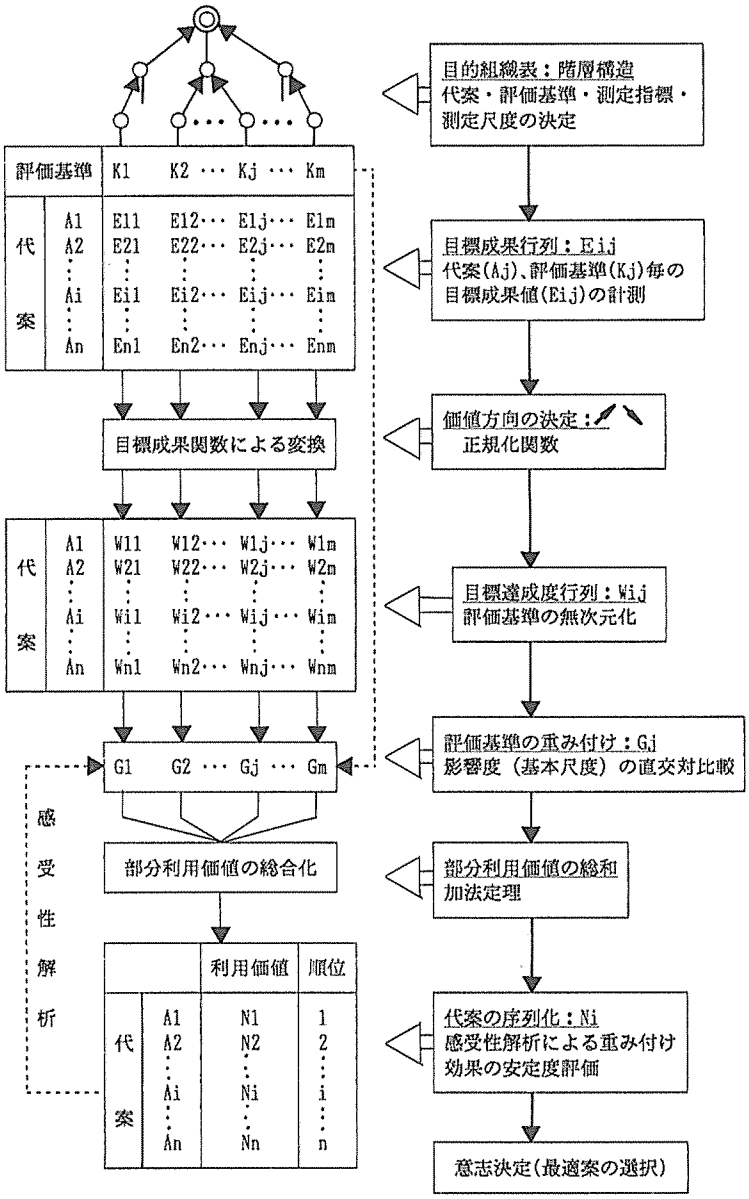

Abb. 3. Logische Struktur der **Nutzwertanalyse.**
利用価値分析による評価法の論理構造。

目的組織表に基づいて，評価基準・測定指標・測定尺度を決定する。次に，代案，評価基準ごとに目標成果値を計測し，目標成果行列を作成する。異なった単位を持つ目標成果値を一つの評価値にするために，正規化関数を用いた変換を行う。この場合，評価基準毎の価値方向を定めなければならない。上昇の価値方向とは，目標成果値が大きくなる時，その利益が増加することを（例えば，開発率），下降の価値方向とは，目標成果値が小さくなる時，その利益が増加することを（例えば，資本価値）意味する。

目標成果関数として，Funck[13] の次式を用いて，目標達成度を算定する。

$$W_{ij} = 1 + A \times |(E_{ij} - \overline{E_j})/\overline{E_j}| \times C^{-1}$$

A：上昇の価値方向の時　＋1
　　下降の価値方向の時　－1

E_{ij}：目標成果値　　W_{ij}：目標達成度

$\overline{E_j}$：評価基準毎の目標成果値の算術平均

C：基準化した目標成果値の絶対値の最大値

$\mathrm{Max}|(E_{ij} - \overline{E_j})/\overline{E_j}|$

総合評価において，個々の評価基準の重要性に比例した重み付けを行う。部分利用価値は，目標達成度とこの重みの積であり，代案ごとの利用価値は部分利用価値の総和として与えられる。重み付けの安定度を評価するために，異なった重み付けの評価代案による感受性解析を行い，その結果に基づいて最適案を決定する。

この重み付けの評価代案として，標準的な設定値を用いる場合と，評価基準ごとの直交対比較による推定法を用いる場合とが考えられる。

当該演習林を対象とした直交対比較法による重み付け評価代案の算定例，及び評価基準ごとの階層的重み付け表（目的組織表）の作成例を，図-4 と図-5 に示す。

山岳林の代案路網計画の評価法として，旧西ドイツで

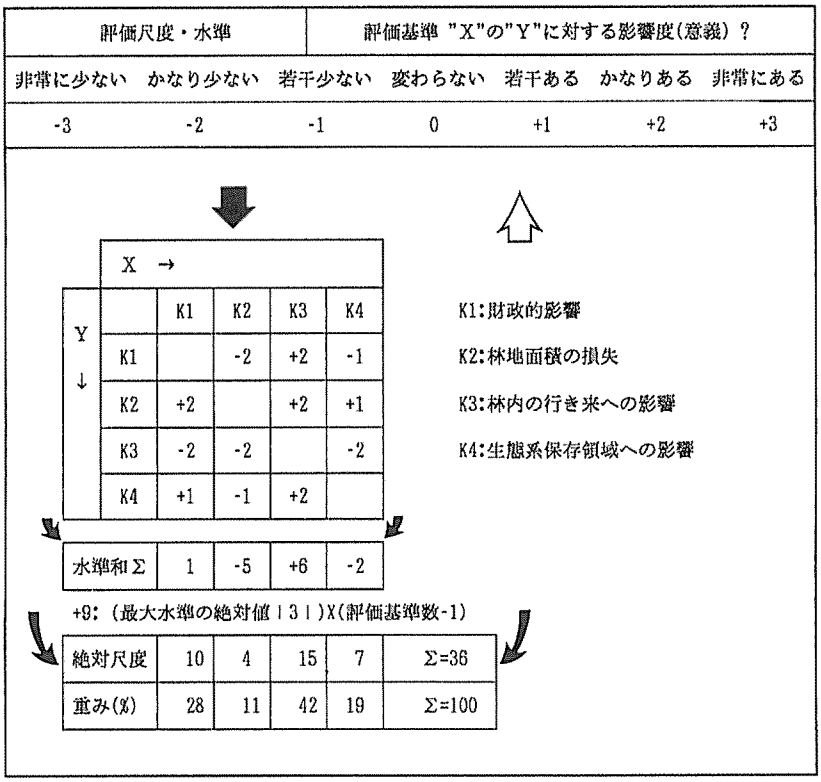

Abb. 4. Intersektoraler paarweiser Vergleich zur Gewichtung der Kriterien.
評価基準の重み付けのための直交対比較法。

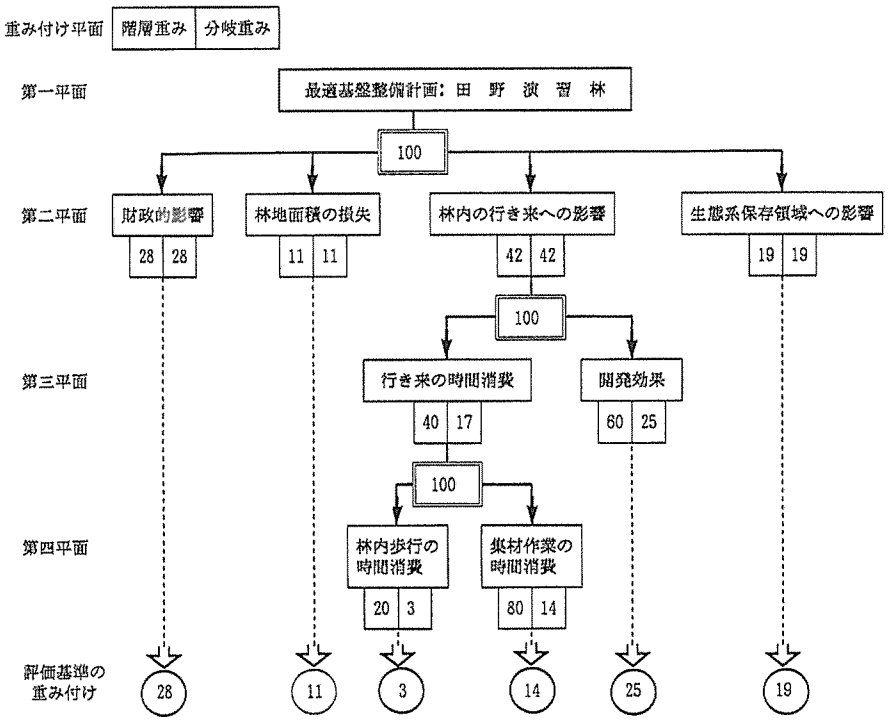

Abb. 5. Beispiel zur **Zielsystem** für Optimierung der Erschliessung durch Waldwegebau.
林内路網による基盤整備の最適化のための目的組織表の作成例。

用いられている評価基準とその測定指標を示したのが表-6である。林内の行き来，集材作業の時間消費，開発効果，到達性の各評価基準は，v. Segebaden の点格子法[14]から地形条件，平均集材距離をパラメータとした評価式から算定する。

3. 解析結果

利用価値分析を用いた路網代案の評価結果について，以下に考察する。ここでは，路網案の評価基準と測定指標について，次のような点を考慮した。

①財政的影響：投資計算による代案比較で算定した資本価値を用いる。すなわち，道路の新設費，作業道の自動車道への改修費，維持管理費，路線伐開による支障木処分費用の各項目

②道路敷地による林地面積損失への影響：代案ごとの道路敷地面積の算定においては，まず，1/5千地形図に設定した各路線について，この路線上を100 m 間隔で平均傾斜を図上計測する。次に，道路の基準横断面に対応した平均傾斜ー伐開幅の関係から，各測定点での伐開幅をグラフより読み取り，区間延長を乗じて求める。

林内での行き来の時間消費については，育林作業に伴う林内歩行の時間消費によるものと，伐出作業における集材作業の時間消費とに区分して考える。

③林内歩行の時間消費への影響：林地の平均傾斜の累積度数分布曲線（起伏タイプ）から判定される補正係数（a）と，代案ごとの平均実集材距離（REt）から，次式によって算定する[10]。

$$Tg = a \times REt \text{（分）}$$

a＝0.025（A タイプ）
＝0.040（B タイプ）
＝0.060（C タイプ）

数値地形図から算定した当該地域の累積度数分布曲線

Tabelle 6. Ziel- bzw. Bewertungskriterien
代案路網の測定指標と評価基準

評価基準	単位	測定指標
1. 財政的影響	DM/ha	減価償却期間（30年）・計算利率（3.5%）
1.1 開設費		
1.2 維持費		
2. 林地面積の損失	ha	林道開設に伴う路線伐開面積
3. 林内歩行の時間消費	分	地形条件（起伏タイプ）・平均集材距離をパラメータとする（**）
4. 集材作業の時間消費	分/m^3	集材法・地形条件・平均丸太材積をパラメータとする（**）
5. 開発効果	%	開発率：道路の両側 250 m の帯状領域（**）
6. 到達性の制限影響	%	季節・天候による集材・歩行の不可能地域の面積率（**）
7. 生態学的影響	%	生態学的保存地域内への路線侵入面積率
8. 水文への影響	m^3	集水区域・危険箇所（傾斜クラス４：土壌クラス３）内の切取り土砂量
9. 景観への影響	%	斜面での路線の“引き裂き”面積率（傾斜クラス４：起伏量 100 m 以上）
** von Segebaden の格子点法を用いる		傾斜クラス４：33-50% 土壌クラス３（CBR-%）：2-3

は，起伏タイプCに分類されたので（図-6），ここでは，補正係数 a=0.060 を採用する。

④**集材作業の時間消費への影響**：トラクタ全幹集材作業における単位材積当たりの時間消費量（Tr）を，以下の評価式より求める[10]。

$$Tr=Tm \times Fr+Ts \quad (分/m^3)$$

ここで，

Tm：一回当たりの牽引材積に影響される基礎時間消費量
Fr：集材距離の影響を考慮した補正係数
Ts：ウインチ引き寄せ距離及び材積に影響される時間消費量

であり，Tm, Fr, Ts はさらに，

$$Tm=-4.2140+11.7238\times V^{-0.3661}$$
$$Fr=0.97701+0.00149\times REt-0.15\times 10^{-6}\times REt^2$$
$$Ts=-1.8891+0.1450\times RE_{sz}+2.5200/V$$

として与えられる。なお，

V：一回当たりの牽引材積（m^3/回）
REt：平均実集材距離（m）
RE_{sz}：ウインチ引き寄せ距離（m）

である。

1990年に実行された演習林の直営作業について，伐出作業の功程調査を行った結果，一回当たりのトラクタの牽引材積（V）は，スギ・ヒノキ材で0.80～1.0 m^3，広葉樹材で2.4～2.8 m^3 であった。同年実績による両樹種の売り払い量に占める割合が，（75：18）であったことより，一回当たりの平均的な牽引材積を V=1.30 m^3 とする。また，同上の功程調査より，平均のウインチ引き寄せ距離は，樹種に関係なくほぼ 10 m 程度が見込まれることがわかった。

⑤**開発効果**：Backmund の開発帯[15]の幅を，道路の両側 50 m とし，平均実集材距離（REt）がこの開発帯に含まれる格子点数を判定し，その面積率（%）を求める。

⑥**生態・水文系への影響**：代案ごとの集水域（5 ha）への路線侵入面積（ha）及び，総切取り土工量（m^3）によって表す。集水領域の決定は，航空写真上での判読，数値地形図を解析した流水線・流域モデル（ボロノイ図），主流の谷部分の現地調査によって行った。これらの結果を基に，1/5 千地形図上に集水領域を描き，各集水領域を通過する路線の伐開幅を求め，路線長を乗じて侵入面積を算定した。一方，路線による切取り土工量は，路線上に 100 m 間隔で設定した基準横断面（道路幅員を 3 m とする）と平均傾斜から算定した。

①～⑥の各評価基準の算定結果を表-7 に示す。

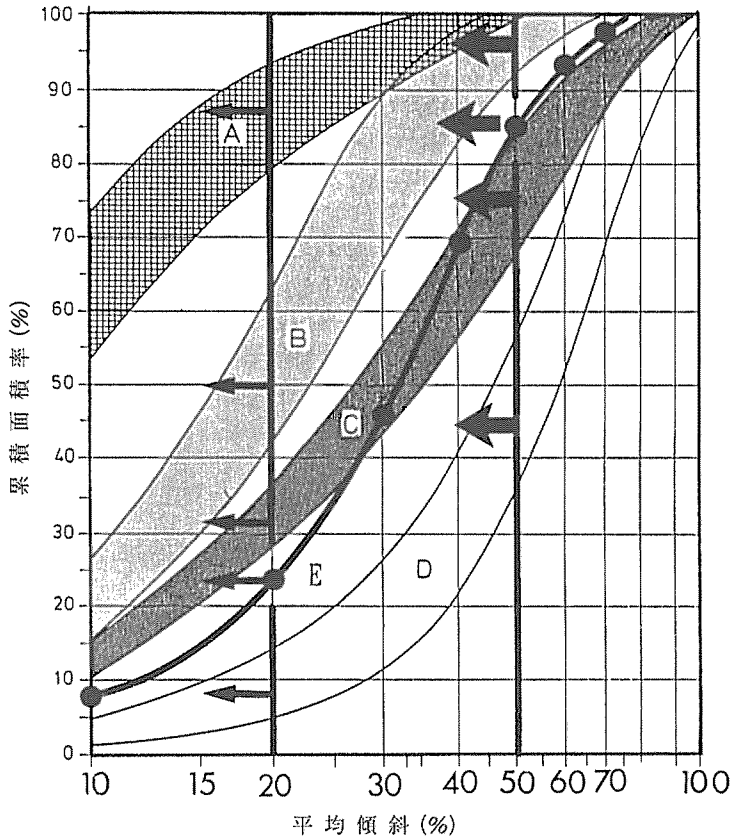

Abb. 6. Klassifikation der Geländeschwierigkeit (**HF**) auf Grund der Hangneigung (Summenkurve der Hangneigungen nach Löffler). Typ A: Flach- und Hügelland Typ B: Mittelgebirge mit mässigen Reliefunterschieden Typ C: Mittelgebirge mit stärkerem Reliefunterschieden Typ D: Hochgebirge Typ E: Untersuchten Gebiete "**Tano**".
傾斜に基づく地形区分・傾斜指数 HF 推定法（Löffler の傾斜累積度数分布曲線）。**A**：平坦・丘陵地　**B**：中級山岳地　**C**：急傾斜山岳地　**D**：アルプス山岳地　**E**：田野演習林

評価結果の重み付けの違いによる安定度を検討するために，二つの大きく異なったグループの重み付けの評価代案による感受性解析を行う。

一つは，造林・生態系・山地保全等の自然環境的側面に重点を置いたもの（**評価代案 A：環境性準拠**），いま一つは，経営的側面に重点を置いたもの（**評価代案 B：経済性準拠**）である。さらに，各評価代案について，標準的な重み付け設定値を用いる場合（A1, A2, B1, B2）と，当該演習林の森林経営環境の現状を考慮して，評価基準ごとの直交対比較による推定法から決定した重み付けを用いる場合（A3, B3）とで比較した。

各評価代案の重み付けは，**表-8** の通りである。

代案路網 1 に対して，評価代案 A2（環境性準拠：標準設定重み付け）による利用価値数の算定を行った結果を**表-9** に示す。ここでは，財政的影響に対する評価基準として，**表-7** の（4.1），環境評価基準として(9)の項目を取り上げた。

現状を含めて全ての代案路網に対する利用価値分析の評価結果を，**表-10** に示す。

評価代案 A では，いずれの重み付けに対しても，現状の利用価値が最も高くなることが示されている。順位に変化が見られるのは，A1 の評価代案の場合で，ここ

Tabelle 7. Bewertungsergebnisse der Zielerträge, einschliesslich der **Investitionsrechnung**
投資計算を含む評価基準の算定結果

評価基準	単位	現状	代案1	代案2	代案3	代案4
1 開設費	円/ha	8339	19718	27468	35410	60815
2 維持費	円/ha	1664	2020	2088	2246	2706
3 支障木伐採	円/ha	—	1576	1875	2576	4623
4 財政的影響 4.1 (1+2+3)	円/ha	10003	23314	31431	40232	68143
4.2 (1)	円/ha	8339	19718	27468	35410	60815
5 損失林地面積	ha	—	5.640	6.896	8.503	20.818
6 林内歩行の時間消費	分	7.64	5.04	4.56	3.89	3.07
7 集材作業の時間消費	分/m^3	8.743	8.544	8.461	8.359	8.230
8 開発効果	%	32.55	40.97	47.04	50.64	60.47
9 生態的影響	%	—	0.758	0.4899	1.428	3.9113
10 水文への影響	m^3	—	57144	68389	93554	171681

Tabelle 8. Gewichtungs- und Bewertungsalternativen zur **Sensibilitätanalyse**
感受性解析のための重み付け評価代案

—評価代案A：環境性準拠—

評価基準	標準設定値 A1	標準設定値 A2	直交対比較 A3
1 財政的影響	10	20	28
2 損失林地への影響	15	10	11
3 林内歩行への影響	25	20	3
4 集材作業への影響	25	25	14
5 開発効果	15	20	25
6 生態・水文的影響	10	5	19
重み付け合計	100	100	100

—評価代案B：経済性準拠—

評価基準	標準設定値 B1	標準設定値 B2	直交対比較 B3
1 財政的影響	10	20	50
2 損失林地への影響	15	10	17
3 林内歩行への影響	30	30	14
4 集材作業への影響	30	30	9
5 開発効果	15	10	10
重み付け合計	100	100	100

Tabelle 9. Beispiel zur Herleitung des Nutzwerts (**Variante 1: Bewertungsalternative A2**)
利用価値数の算定例（代案路網1：評価代表 A2）

評価基準	価値方向	重み	目標成果値	目標達成度	部分利用価値
1 財政的影響	下降	10	23314	1.1687	11.687
2 損失林地への影響	下降	15	5.640	1.1682	17.523
3 林内歩行への影響	下降	25	5.040	0.9796	24.490
4 集材作業への影響	下降	25	8.544	0.9959	24.898
5 開発効果	上昇	15	40.97	0.9410	14.115
6 生態・水文的影響	下降	10	0.758	1.2161	12.161
代案路網1：評価代案 A2	合計＝100				利用価値＝104.870

Tabelle 10. Übersicht über die Bewertungsergebnisse mit Hilfe von **Nutzwertanalyse**
利用価値分析による代案路網の評価結果

—評価代案A：環境性準拠—

評価代案	A 1		A 2		A 3	
路網代案	利用価値	順位	利用価値	順位	利用価値	順位
現状	106.21	1	105.35	1	120.25	1
代案1	104.87	3	104.45	2	109.09	2
代案2	105.99	2	104.29	3	108.76	3
代案3	101.98	4	101.17	4	98.38	4
代案4	81.15	5	84.92	5	63.68	5

—評価代案B：経済性準拠—

評価代案	B 1		B 2		B 3	
路網代案	利用価値	順位	利用価値	順位	利用価値	順位
現状	99.56	4	101.29	4	120.47	1
代案1	102.59	3	103.73	1	110.38	2
代案2	102.93	1	102.88	2	104.40	3
代案3	102.93	1	101.94	3	97.71	4
代案4	91.16	5	90.32	5	67.11	5

では，代案2が代案1よりも上位になっている。これに対して，代案4は，いずれの評価代案に対しても最下位にある。このことより，環境性準拠の観点からは，路網規模が評価結果に大きく影響していることがわかる。しかしながら，評価代案A1, A2に見られる現状と代案路網での利用価値数の差は，必ずしも有意なものとはいいがたく，その意味において，代案2や代案3の路網規模も環境的条件をかなりクリアーしていると考えることができる。

評価代案Bでは，B3以外のB1, B2で順位に大きな変化が認められる。代案4は，ここでも最下位にあるが，評価代案Aの場合と異なる点は，現状がこれに続く順位にあることである。このことは，経営面からみれば路網整備の効果がいずれの代案でも認められることを示している。ただし，この場合でも差はわずかであり，代案1，代案2，代案3の間での順位の利用価値数の安定性には問題が残る。

以上の結果から，利用価値分析による評価は，当該演習林の現状の森林経営環境を前提とすれば，代案2あるいは代案1による基盤整備計画が，経営面と同時に自然環境的要求にもかなり答えうるものであることを示している。

おわりに

利用価値分析は，評価基準の重み付けや代案の序列化の客観性という点で一考の余地はあるが，投資計算と同様に有効な決定補助手段となりうることが，今回の研究で明らかとなった。

森林の経営基盤整備の問題に対して，あらゆる状況，あらゆる時期に最適であるような解答を与えることは不可能であろう。しかし，その準拠されるべき点は，必然的に相互に近似していく方向に動いていくものと考えられる。その意味において，ドイツをはじめとする中部ヨーロッパの山岳林を対象として，目下精力的に研究が進められている本評価法は，これからのわが国の森林の取扱いと利用を考えていく上で，大いに参考になるものである。

本研究を通して明らかになった，利用価値分析による評価法の問題点の解決を，これからの課題としたい。

引 用 文 献

1) 上飯坂　實・神崎康一編：森林作業システム学. 現代の林学2. 文永堂出版, 104-105 (1990)

2) P. DIETZ, W. KNIGGE und H. LÖFFLER: Walderschliessung. Verlag Paul Parey·Hamburg und Berlin, 175-194 (1984)

3) C. ZANGEMEISTER: Bewertungsmethoden zum Alternativenvergleich. In Zusammenarbeit mit BRENNPUNKTSYSTEMTECHNIK der Technischen Universität Berlin. VDI-Bildungswerk, 1-52 (1978)

4) 芝　正己：スイス山岳林における森林基盤整備の状況. 森林利用研究会誌　5(1), 15-23 (1990)

5) 芝　正己：H. LÖFFLER：森林経営基盤整備計画における代案比較のための利用価値分析の応用について（I）—代案比較のための帯状路線計画と配置特性の評価—. 三重大学生物資源学部紀要　7, 投稿中 (1991)

6) Bayeriches Staatministerium fuer Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Richtlinien fuer die Erschliessung des Staatwaldes in Bayern vom 5. März 1982 (RES). Bayeriche Staatforstverwaltung Bericht, 11-13 (1982)

7) 芝　正己・佐々木　功・山本俊明：林道路面の排水性および整備改良に関する研究. 第1報　電算機による一次元の路面起伏の模擬発生と残留水状況のシミュレーション. 宮崎大学農学部研究報告 **34(1)**, 157-174 (1987)

8) W. KROTH: Entscheidungsgrundlagen bei Walderschliessungsinvestitionen. Forstwissenschaftlichen Centralblatt **92**, 132-151 (1973)

9) V. KUONEN: Wald- und Guterstrassen. Eigenverlag der Verfassers, 68-80 (1983)

10) H. LÖFFLER und H. DÜRRSTEIN: Planung und Bewertung der Walderschliessung unter besondere Beruecksichtigung des Kleinprivatwaldes. Universität München, 2-122 (1985)

11) C. ZANGEMEISTER: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Wittemannsche Buchhandlung-München, 13-14 (1970)

12) 芝　正己・H. LÖFFLER・M. ZÜIESAK・T. MLLER：代案比較による林内路網計画と評価法の最適化について（I）—代案路網の計画手順と評価方式—. 第101回日本林学会大会発表論文集, 701-704 (1990)

13) R. FUNCK: Anwendung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen fuer die Bestimmung von Prioritäten im öffentlichen Personennahverkehr. Zeitschrift fuer Verkehrswissenschaft **47**, 133-162 (1976)

14) G. v. SEGEBADEN: Studies of Cross-Country Transport Distance and Road Net Extension. Studia Forestalia Suecica **18**, 10-32 (1964)

15) F. BACKMUND: Kennzahlen für den Grad der Erschliessung von Forstbetrieben durch autofahbare Wege. Forstwissenschaftlichen Centralblatt **85**, 1-16 (1966)