

道路舗装の技術—経済的観点

佐藤 健吉*

(昭和34年11月24日受理)

要旨 ソ連邦道路科学技術研究所長ハー・エフ・ハラシロフ博士の提唱する道路輸送総費用の算定式を骨子として、ソ連邦における道路舗装の技術—経済的観点を論じたものである。

1 緒 言

道路建設または道路舗装更新に要する投資額は、国民経済的観点から容認さるべきものでなければならないと同時に、それによつて生ずる輸送効果は、技術的、経済的観点に立つ論証と、技術—経済的研究資料にもとづかなければならない。

道路建設計画の内容には、次の技術—経済的要件を具備すべきである。

- (1) 道路建設の結果、自動車輸送の生産性向上および大輸送交通力の輸送手段を利用しうる可能性の増大すること。
- (2) 輸送速度の昂上（または輸送時間の短縮）を期待しうること。
- (3) 最少道路建設費と自動車輸送実費の低減との2条件の下に、計画道路の高能力を確保しうること。

道路建設は、終局において、国民経済の発展に資するをその目的とするために、生ずる経済効果を精細に算定することが必要であり、また正確な輸送実費の算出によつて、初めて道路建設—道路構造、特に道路舗装—の国民経済的限界が決定される。

これらの経済効果および輸送費の算定は、それらに含まれる要素の複雑多様のために、満足すべき基準、根拠を求めることは極めて困難であり、したがつて、算入要素、その重要度の考量および総体としての輸送費の算定式も、論者によつて異なるを免かれえない現状である。

2 ソビエト連邦の自動車輸送概観⁽⁴⁾

A 貨客輸送量

自動車輸送については極めて急速な進展を示してはいるが、これを全輸送量からみると、その比率は甚だ低く、全輸送量に比して貨物4%以下、旅客は15%程度である。

1951—1955年の第5次5ヶ年計画実施の結果、自動車運輸は総体としては大いに発展

* 土木工学教室、助教授

表一 1913—1956年運輸部門別荷廻総量の増大率(%)

年度	総体	鉄道	水運	自動車	パイプライン	航空
1913	100	100	100	100	100	—
1928	104	142	52	200	210	—
1940	430	630	123	8,900	1,200	100
1950	620	920	177	20,100	1,600	587
1955	1,020	1,480	282	42,500	4,700	1,088
1956	1,140	1,640	316	47,500	6,500	1,358

表一 2 荷廻総量中の各運輸部門の比重(%)

年度	運輸全部門	内 訳			
		鉄道	水運	自動車	パイプライン
1913	100	57.4	42.2	0.1	0.3
1928	100	78.2	21.1	0.2	0.5
1940	100	85.1	12.3	1.8	0.8
1956	100	83.0	11.7	3.7	1.0

表一 3 旅客輸送の倍率(%)

年度	全運輸部門	鉄道	水運	自動車	航空
1913	100	91.1	8.9	—	—
1928	100	91.1	8.9	—	—
1940	100	92.2	4.4	3.2	0.2
1950	100	89.5	4.0	5.3	1.2
1954	100	85.7	3.3	9.4	1.6
1955	100	83.1	3.0	12.3	1.6
1956	100	80.6	2.7	14.9	1.8

表一 4 貨客輸送量および輸送作業量

指 標	自動車輸送作業量についての主な指標						
	1913	1928	1940	1950	1955	1956	1960
剛性舗装を有する自動車道路延長 1000km	24.3	32.0	143.4	177.3	206.9	212.0	—
自動車輸送貨物数量 100万トン	10.0	20.0	858.6	1,859.2	3,730.0	4,166.7	—
自動車道路による貨物輸送数量 100万トン	—	—	15.5	45.5	452.1	—	—
貨物輸送作業量 10億トン・キロ	0.1	0.2	8.9	20.1	42.5	47.5	85.0
自動車道路による貨物輸送作業量 10億トン・キロ	—	—	0.27	0.92	9.2	—	39.5
自動車による旅客輸送数 100万人	—	—	590	1,053	4,482	5,456	—
旅客輸送作業量 10億人・キロ	—	—	3.4	5.2	20.9	26.4	—

したが、トラックの利用には欠陥があり、空車運行および滞車が多かつたといわれる。

国内輸送の鉄道輸送負担率は、1955年において83%を占めることは、世界の情勢に合致する状態とはいえない。しかも他の輸送手段、特に自動車輸送の飛躍的向上を図っているとみられる事実がなく、道路の新設、改良、自動車工業の推進について、目覚ましい発展を示していない。

B 自動車生産量

自動車普及率は、1955年の統計によると、総台数 2,875,000 (世界第7位)、1台当り人口70 (世界第19位)である。生産台数は表一5に示される。

表一5 自動車生産台数

年 度	乗 用 車	ト ラ ッ ク	バ ス	計
1955	106,000	329,000	10,300	445,300
1956		358,000		465,000
1957				493,000
1958				508,000

トラックの生産力向上に努力してはいるが、道路整備の立遅れと、国土の広大、交通路線の長さと比較してトラック台数の僅少であることは、依然として鉄道負担率を高める結果となつている。

新7ヶ年計画によると、(1) 剛性舗装道路延長を過去5ヶ年の新設延長の2.7倍とする、(2) 1957年度貨物輸送作業量1兆8,000億トン・キロを2兆5,000億トン・キロとする、(3) 1957年度トラック輸送の比重(%)4.0を4.7とする、ことを目標としているが、新7ヶ年計画でも、輸送手段の負担率を甚だしく変更するほどの意図は見られず、依然として鉄道を主力とする点は変わらない。

3 ハラシーロフの輸送総費額の算定式⁽¹⁾

ハラシーロフによれば、貨客の道路運送に要する輸送総費額を次の2群に分類し、

$$\text{輸送総費額} = \text{道路費} + \text{輸送費}$$

そのうち、道路費の年間所要建設—維持費によつて形態を比較する方法が最も広く行われ、それらを集約すると、次の3群となる。

$$C_1\delta + E_1 \geq C_2\delta + E_2; \quad (1)$$

$$C_1p + E_1 \geq C_2p + E_2; \quad (2)$$

$$C_1r + E_1 \geq C_2r + E_2; \quad (3)$$

ここに、

C_1, C_2 —比較する道路形態1, 2に対する建設費

E_1, E_2 —年間維持管理費、通常形態1, 2に対する減価償却控除額を含める

δ —効用係数, $1/\delta$ を償還期間と定義するから, δ は一定減価償却率となる

p —固定フオンドの拡大再生産に対する年間償却率

r —平均利潤ノルマ, または金利

以上3種の立論が正当である限り, これらの式によつて道路形態を比較し, 年間の建設費と維持管理費との和を最少とする形態が最経済的道路形態といいうる。

しかし, 上式に含まれる δ , p , r の諸係数は, 社会主義経済機構にあつては容認しえないものもあり, 実際に充分の具体性を有しないのみでなく, 道路運送に関する全費用に関連を有するものでもなく, 従つて一ケ年間の全費用の比較を求めえない根本的欠陥を有するために, ソ連邦においても, これまでしばしば批判の対象となつた。

計画自動車道路の設計, 建設または道路形態の比較される構成要素(たとえば舗装)の建設に要する合理的支出を算定するとき, それらの資金は, もし道路部門に使用しないとすれば, 他の国民経済部門に同一の重要度と発展速度とをもつて充たさるべきものである。換言すると, 2のある形態による建設費の差額 ($C_1 - C_2$) は国民経済の資金と同一効果をもつて利用さるべきものである。この国民経済に対する基本投資の効果の指標は, 基本投資の社会効果係数とも称されるものであつて, 結局, 国民経済増進の指標である。

これに基づいて, 初期投資額は建設後ある年数を経過して $(C_1 - C_2)k$ と表わされる。ここに, k は基本投資の社会効果係数, または同様の意味の, 建設期からその年までの経過期間における総体としての国民経済の増進率である。

この場合, 自動車道路または道路構成要素の諸種の形態は, 建設費の相違のみでなく, 年間道路維持管理費および道路輸送費をも必然的に変化せしめるから, それらの差額に対しても同様に k を乗すべきである。

故に, 道路のある形態に対する総支出額 (= 輸送総費用) は, 計画輸送貨物量に対する建設費, 年間道路維持管理費および輸送費から導かれた次式によつて示される。

$$\begin{aligned}
 B = & Ck_n + (d_1k_{n-1} + d_2k_{n-2} + \dots + d_{n-1}k_1 + d_n) + \\
 & + (t_1k_{n-1} + t_2k_{n-2} + \dots + t_{n-1}k_1 + t_n) + \\
 & + (x_1k_{n-1} + x_2k_{n-2} + \dots + x_{n-1}k_1 + x_n) + \\
 & + \sum_1^n a
 \end{aligned} \tag{4}$$

ここに,

B —その形態に対して, 経済比較算定年 n までに支出した輸送総費用

C —建設費 (= 基本投資額)

k_n —基本投資による建設期から比較の年 n までの期間を経過した社会効果係数

d_n —形態比較の n 年前に対応する年間道路維持管理費

t_n —形態比較の n 年前の道路維持管理に対応する年間貨物輸送直接費

x_n —形態比較の n 年前の道路維持管理費その他費用以外の年間経費であつて, 主として道路開通地区の経済活動の阻害となる諸費額

$\sum_1^n a$ —道路運営実施の年から形態比較の年までの年数において、比較される形態または道路構成要素の更新、改良を目標とする控除額の和である。上式において、国民経済から道路輸送部門への投資には、国民経済と同一経済効果を有すべきものとして k_n を乗ずる。しかし $\sum_1^n a$ —通常減価償却控除額—は更新および改良工事を実施するまでは、その控除額もまたそれを利用することによつて生ずる経済効果も、ともに国民経済に蓄積されるために k_n を乗ずる必要がない。

自動車輸送は他のあらゆる輸送形態と同様に、総生産過程の一環をなす生産手段である。輸送過程にある貨物量は常に大量であり、巨大な国民経済の資金を包含しているから、貨物輸送時間の短縮は倉庫等における滞蔵時間を減少し、国民経済の資金の総廻転率を促進し、労働生産性を増大し、従つて生産コストの低減に関与することとなるのみでなく、長期貯蔵倉庫に入ることなしに直接企業に輸送される点に特に重要な意義を与える。

輸送のスピード・アップによつて資金廻転率の促進を可能とする貨物量の総価格を Z とするとき、その低減額 ΔZ は国民経済への蓄積となり、妥当な社会効果係数によつて確保さるべきものであるから、より緩速度の貨物輸送道路に対しては、その形態に要した総費額に国民経済への ΔZ の蓄積額を付加する必要がある。その蓄積総和は次式による。

$$\Delta Z_1(k_{n-1}-1) + \Delta Z_2(k_{n-2}-1) + \cdots + \Delta Z_{n-1}(k_1-1)$$

上式には物資輸送のスピード・アップによる資金の蓄積額のみが計上され、物資価格の低減の和それ自体を包含せしめない。これは、本来全生産過程で自動車輸送の占める時間を正当に算出し、それによつて生ずる物資の価格低減額を計算式に導入すべきであるが、その労力に比して、物資が生産開始から企業への納入、または消費者の購入までの間の全生産過程に対する自動車輸送過程の占める時間的構成は、僅少であるという見解に基づくものである。

2 道路形態の経済比較において、物資輸送速度と輸送距離とに関連する時間的要素の大小によつて、 B の計算方式は次の 2 種となる。

a) 貨客輸送に対してより大なる時間を要する形態の場合

$$\begin{aligned} B_1 = & C_1 k_n + (d_1 k_{n-1} + d_2 k_{n-2} + \cdots + d_{n-1} k_1 + d_n) + \\ & + (t_1 k_{n-1} + t_2 k_{n-2} + \cdots + t_{n-1} k_1 + t_n) + \\ & + (x_1 k_{n-1} + x_2 k_{n-2} + \cdots + x_{n-1} k_1 + x_n) + \\ & + [\Delta Z_1(k_{n-1}-1) + \Delta Z_2(k_{n-2}-1) + \cdots + \Delta Z_{n-1}(k_1-1)] \\ & + \sum_1^n a \end{aligned} \quad (5)$$

(b) 貨客輸送に、より少い時間を要する形態の場合

$$\begin{aligned} B_2 = & C k_n + (d_1' k_{n-1} + d_2' k_{n-2} + \cdots + d_{n-1}' k_1 + d_n') + \\ & + (t_1' k_{n-1} + t_2' k_{n-2} + \cdots + t_{n-1}' k_1 + t_n') + \end{aligned}$$

$$+(x_1'k_{n-1}+x_2'k_{n-2}+\cdots+x_{n-1}'k_1+x_n')+\sum_1^n a \quad (6)$$

以上の2式において、2比較形態に対して求められた総支出題 B が相等しくなるときこれらの形態が経済的に同一のウェイトを有する年であることを示すものである。

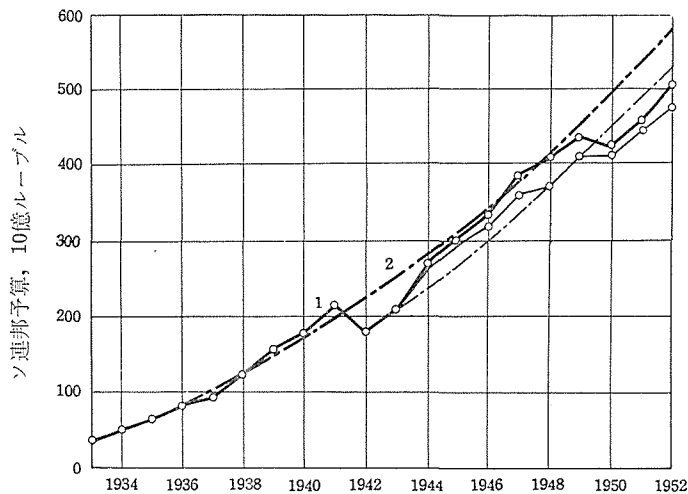
4 基本投資に対する社会効果係数の計量的意義

ここにいう基本投資の社会効果係数とは、一般に全国民経済の増大速度の指標と定義され、工業農業の総生産額の増大の分析、国民経済の基本部門の発展、特に工業農業の諸部門における総生産高の量的増大の分析、および国家総予算の増大の分析等に基づいて、本係数の量的意義を明確にすることができる。ソ連においては、国家予算は、国民経済の発展計画と緊密に結合して、国民経済および国民財政の増大を反映し、国民経済の発展並に基本投資効果の最も完全な総合指標となるために、社会効果係数を考える場合、国民経済増大に関連する特性的諸要素を国家総予算をもつて代表せしめることは妥当のことと思われる。

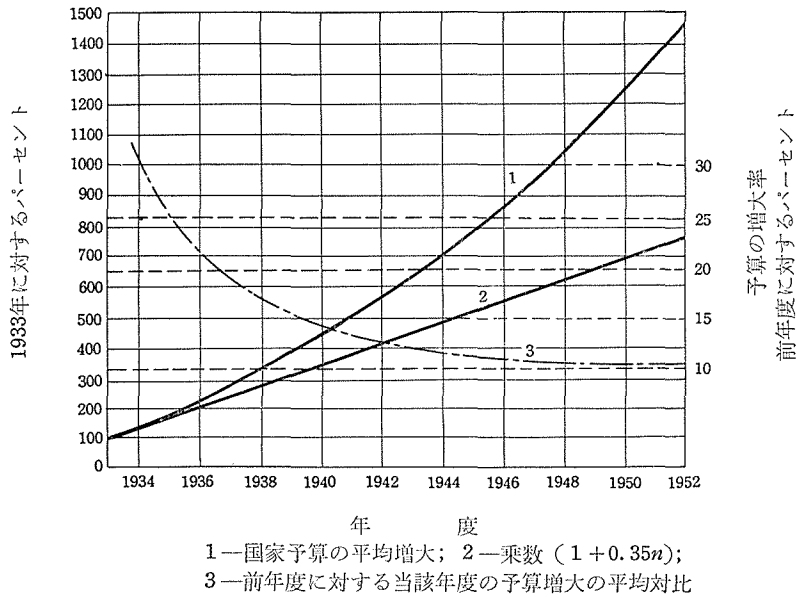
ソ連邦国家予算の増大は図一1によつて示され、予算平均増大率 $k_0^{(1)}$ は

$$k_0=(1+0.35n) \cdot 1.035^n \quad (7)$$

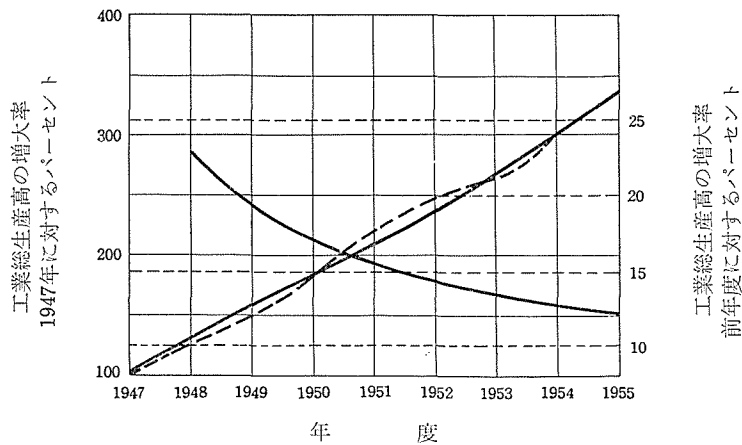
と表わされる。ここに n は1933年を初年度とする年数である。さらにこの増大率を図一2によつて対前年度比較を示すと、逐次漸減の形をとりながらも、最近年次においてはより安定となり、平均10~11%を保持するに至つた。予算の増大率に対応する生産高、特に工業生産高の増大率は図一3によれば、工業総生産高の増大テンポは、予算の増大



1—予算； 2—1933年から1952年までの予算平均進度
 図一1 ソ連邦国家予算増大図，1933年から1952年まで



図—2 ソ連邦国家予算の増大テンポのグラフ



図—3 1947年—1955年間に於けるソ連工業総生産高の物量増大のグラフ

テンポに極めて近似的であり、増大量の平均対比の漸減は、この場合においても10%を下ることなく、比較最終年である1955年の1954年に対する総生産高の平均増大対比率は、ほぼ11.8%である。これらの資料が、基本投資の社会効果係数を10—12%の範囲内にとるべき確信を与えるものである。

ここに至つて、基本投資の社会効果係数 kn と、年度予算増大率またはこれと同意語と云うる国民経済増大テンポ δ とは、次式として結合される。

$$k_n = \delta^n, \quad (\delta = 1 + 0.10 \sim 1 + 0.12) \quad (8)$$

(8)式を(5)式に代入すると

$$\begin{aligned} B = & C\delta^n + (d_1\delta^{n-1} + d_2\delta^{n-2} + \dots + d_{n-1}\delta + d_n) + \\ & + (t_1\delta^{n-1} + t_2\delta^{n-2} + \dots + t_{n-1}\delta + t_n) + \\ & + (x_1\delta^{n-1} + x_2\delta^{n-2} + \dots + x_{n-1}\delta + x_n) + \\ & + [\Delta Z_1(\delta^{n-1} - 1) + \Delta Z_2(\delta^{n-2} - 1) + \dots + \Delta Z_{n-1}(\delta - 1)] + \\ & + \sum_1^n a \end{aligned} \quad (9)$$

となる。(9)式がハラシーロフの最終的算定式である。⁽¹⁾ただし [……] は貨客輸送のスピード・アップによる国民経済効果を算定するものであるから、最少時間によつて貨客輸送する形態に対しては算入しない。

形態の経済比較期間中の年間経費（道路維持管理費、輸送費その他）がほとんど変化しないときは、簡単化して年間経費の平均値を採用することができる。

$$B = C\delta^n + (d_m + t_m + x_m) \sum_0^n \delta^u + \sum_1^n a + \Delta Z_m \sum_1^{n-1} (\delta^{u-1} - 1) \quad (10)$$

ここに、 d_m 、 t_m 、 x_m および ΔZ_m は d_n 、 t_n 、 x_n および ΔZ_n の年間平均値である。

経済比較の対象物が、2年またはそれ以上の年数に亘つて建設されるときは、その実際の投資期間に対応する建設費を計算する。たとえば建設期間3年の場合は、 $C_1\delta^{n+2} + C_2\delta^{n+1} + C_3\delta^n$ ；2年の場合は、 $C_1\delta^{n+1} + C_2\delta^n$ ；となる。ここに、 C_1 、 C_2 、 C_3 は1年、2年および3年間の建設に対応する建設費である。

5 形態比較に関連する費用成分の算定

I 建設費 C

一般に建設費は、技術設計費、道路用地費、道路築造費、附属構造物および舗装築造費をその内容とする。

ソ連邦においては、道路用地費を除く建設費は、生産フオンドのうち固定生産フオンドとしての基本投資である。最少のフオンドを最短期間に建設することは、労働生産性の向上および技術の向上を促進し、基本投資の回収期間短縮、輸送原価の低減、収益性の増大となり、結局社会主義的生産機関の拡大再生産に連るために、建設目的物の経済比較は特に重視されるものである。形態の大略を比較するときは、諸種の“ノルマー価格便覧”に引用される建設価格の指標に基づく。たとえば、舗装形態について、1 km 当り標準舗装基本建設費は、基本改良型800,000；簡略改良型600,000；中間型400,000；改良土道300,000；標準土道150,000ルーブルとする。しかし構造と合目的性に合致する材料の選定を含む設計の比較を、できるだけ正確に求める場合は、それぞれの材料について正確な価格による総原価の、より完全な算定を行うべきである。

土地はすべて国有であり、道路用地用割当面積は、政府の確定するところであるため

に用地費を考慮する要がない。ただ数種の比較路線があつてそれぞれが土地経済力を異にするときは、当然それらの価値計算を導入すべきものと思われる。

ハラシーロフは、建設費 C による固定フオンドに国民経済の企業生産価値と同等の価値を付与すべきものとする立論から、経済比較の年度の建設費を C_0^m とすることは、前述の通りである。

II 道路維持管理費 d

維持管理費とは、主として常時補修に関連するものであつて、後述する大修理を包含しない。ソ連においては、道路の維持管理費は、通常、道路輸送に関する総費額に占める比率が小であるために、概略の資料によつて決定される場合があるが、この際の資料は、国道その他主要道路の管理機関の実施する維持管理によつて確定される。この実施の分析にもとづいて、平均維持管理条件にある道路 1 km 当りの年間道路維持費を、道路表層型式と自動車交通頻度とによつて決定する。

地理的気象的条件の異なる地区に、さらに種々の交通頻度の下に、諸種の舗装型式を有する道路を建設した場合、その道路の標準維持状態を確保するために要する維持管理費の合理的算定は、必要であると同時に困難な作業でもあり、特に道路表層型式および舗装構造の選定を目的とする技術—経済的計算に対しては、多くの地方的資料を長期に亘つて正確に蒐集整理する困難を克服しなければならないとしている。

ソ連邦の維持管理費の実績は、表—6 に示される。

表—6 年間道路維持管理費

表 層 名 称	種々の交通頻度(台/昼夜)に対する費用 1,000ルーブル/km					
	200 および 以 下	200 500	500 1,000	1,000 2,000	2,000 3,000	3,000 5,000
	セメント・コンクリート, 角石材およびモザイク舗設	—	—	6	7	7
アスハルト・コンクリート	—	—	7	8	9	10
黒碎石および黒砂利	—	7	7	8	9	10
玉石および割栗石	8	9	10	11	12	14
碎石および砂利	10	15	20	25	—	—
瀝青またはタールによる表面処理土	7	8	10	15	—	—
添加物によつて改良された土層	6	12	20	—	—	—

C および d をハラシーロフとは別個に次の形式によつて示すものがある。⁽²⁾

$$S_0 = S_d + S_t = (D_s + T_s) / Q \cdot l \quad (11)$$

ここに、 S_0 —自動車輸送総原価 (1 t. km 当り)

D_s —輸送総量に対応する全道路原価

T_s —輸送総量に対応する全自動車原価

Q —輸送総量, t

l —輸送距離, km

S_d — t . km 当り全道路原価

S_t — t . km 当り全自動車原価

この場合、 S_d は道路建設のための基本投資、維持管理（大修理および常時補修）をその内容とする。形態比較のために、 $1 t. km$ の自動車輸送に要する道路成分費を求め⁽²⁾るには、次式によつて計算する。

$$S_d = \frac{C_d \cdot k_d \cdot a_d + E_d}{Q \cdot l} = \sum_1^n \frac{C_i k_i a_i}{Q \cdot l} + \sum_1^n \frac{E_i}{Q \cdot l} \quad (12)$$

ここに、 C_d —単一道路構成要素の建設費 C_i を総合した道路成分費

k_d —単一道路構成要素の減価償却控除額の分担比を k_i とするとき、それらの
 平均値、即ち道路成分費の減価償却分担比

n_b —形態の経済比較期間（10～15年）

m_d —道路の耐用年数、 $k_d = n_b / m_d$

a_d, a_i —道路およびその構成要素に対する減価償却率；定額法とすると、 $100 / m_d$ 、
 また $n_b = m_d$ 、 $a_d = 100 / m_d$ とおけば $k_d \cdot a_d = 100 / m_d$ となり、普通の場合
 の定額償却法となる

E_d —経済比較算定年間における道路維持管理費（減価償却控除額を除く）の
 総額

E_i —算定年間の道路の常時維持補修および管理に関する費用

$Q \cdot l$ —算定年間の道路輸送作業量, $t. km$

(12)式は類型(1)式に属するものであり、ハラシーロフの不満とすることは既述の通りである。

Ⅲ 輸送費 t

輸送費とは、自動車輸送に要する機関の一切の費用、即ち輸送機関の車輦費、減価償却費、修繕費、燃料および油脂費をその内容とする輸送総原価の輸送成分費であつて、自動車道路の各種の形態の評価および経済比較において、算出した総額の主要部分を占めるから、建設費と同程度の精度をもつて正確に計算すべきものである。

ハラシーロフの輸送費に関する特異性は、輸送成分費の内容を細分することなしに、一括して自動車型式、運行距離（平均30—35km）、走行速度および表層型式等との関連において把握している点にある。恐らく、その輸送費算出根拠には次表のノルマが援用されているものと思われる。

図—4, 5, 6, 7 の示す結果は、積載力の大なる自動車による貨物輸送原価は、積載力の小なる自動車に比較して低廉であり、その較差は輸送距離の小なるときに顕著であるが、距離の増大とともに較差は減少する。即ち遠距離輸送原価は、輸送力の大小には余

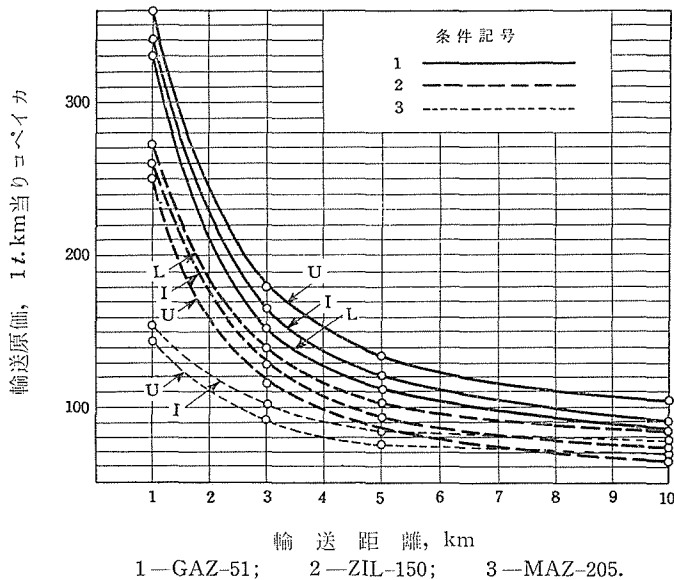
表一七 自動車の諸指標⁽²⁾

内 容	GAZ-51	ZIL-150	MAZ-200	YAZ-210	
道路 100km 走行に対する燃料消費量のノルマ (l)	26.5	38.0	35.0	60.0	
剛性舗装上を貨物を満載して出発するまでの統制燃料消費量 (l)	20	29	30	—	
積 載 荷 重 (kg)	剛 性 舗 装	2,500	3,000	4,000	7,000
	土 道	2,000	3,000	3,500	5,000
運 転 整 備 状 態 に お け る 荷 重 (kg)	無 荷 重	2,710	3,150	3,900	6,400
	満 載 荷 重	5,360	6,300	8,125	13,525
剛性舗装上を満載荷重をもつて運転するときの最大速度 (km/hr)	70	65	65	55	

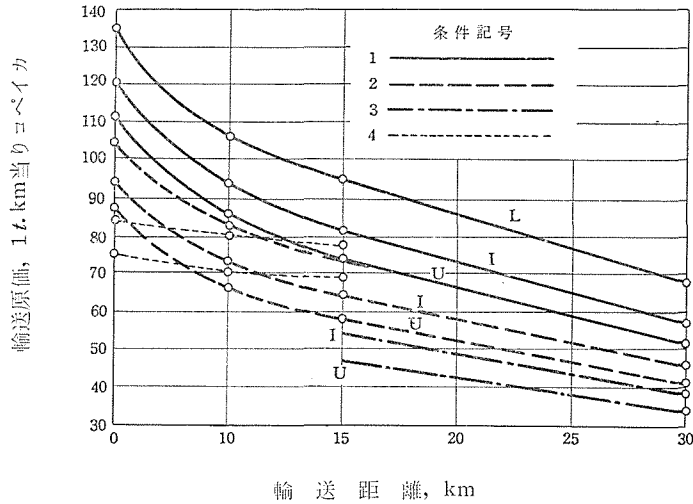
注 本表の数値は直線・水平路線に対するものである。

り影響しない結果を示している。図中、U, I, L はそれぞれ表層の改良型、中間型および簡易型を標示する。

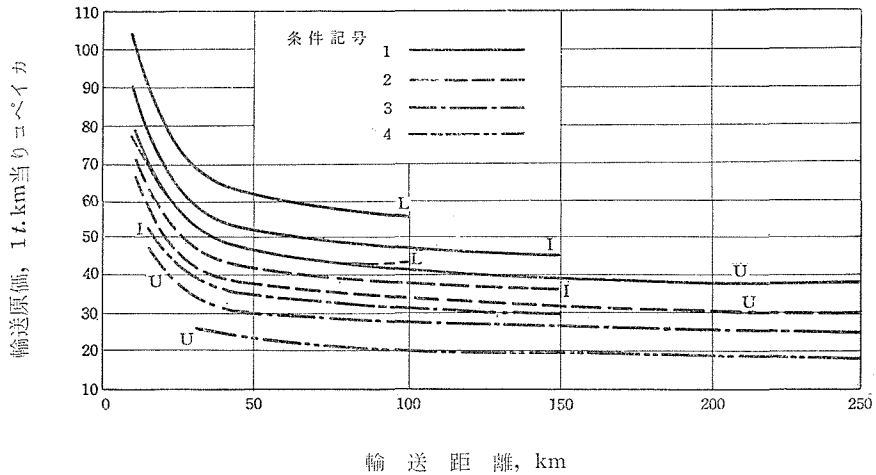
ここに、上図の輸送原価は、輸送に対する総額ではなく、いわゆる自動車成分費のみの比較であることに注目する必要がある。自動車輸送力の増大は自動車軸重の増大を意味し、結局より強力なる道路舗装を必要とし、道路建設費および道路維持管理費よりな



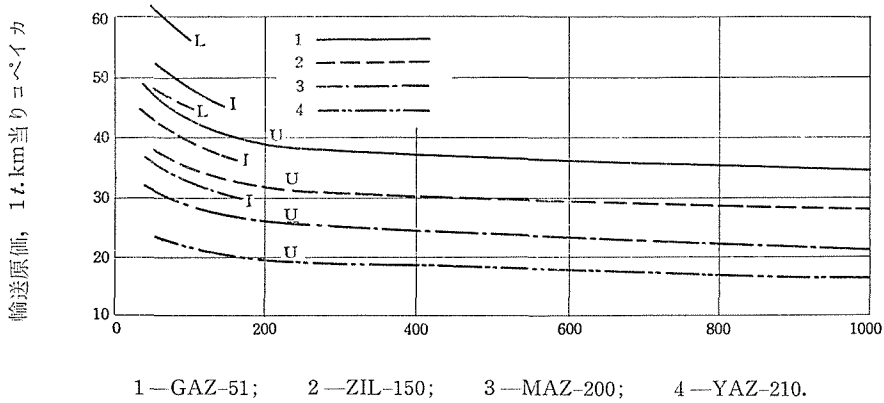
図一四 1kmから10kmまでの輸送距離による貨物輸送原価の変化を示すグラフ



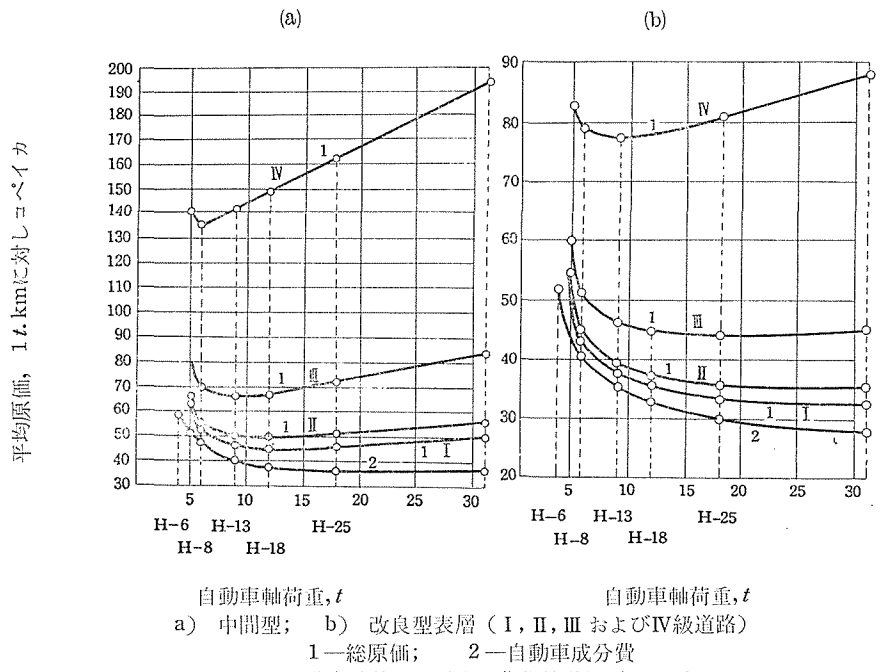
1—GAZ-51; 2—ZIL-151; 3—MAZ-200; 4—MAZ-205.
 図—5 5 kmから30kmまでの輸送距離による貨物輸送原価の変化を示すグラフ



1—GAZ-51; 2—ZIL-150; 3—MAZ-200; 4—YAZ-210.
 図—6 10kmから250kmまでの輸送距離による貨物輸送の原価の変化を示すグラフ



図—7 50kmから1,000kmまでの輸送距離による貨物輸送原価の変化を示すグラフ



図—8 自動車積載力に対する貨物輸送総原価のグラフ

る道路成分費の増大を招来することとなるから、道路形態の経済比較を行うためには、自動車成分費と道路成分費の和としての輸送総原価について論じなければならない。

図—8によると、自動車成分費は、自動車積載力の増大とともに漸次減少するけれども、道路成分費を含む輸送総原価は、I, II級の特に重積載荷重をうける道路を除いて、明確なある範囲まで低減した後は積載力の増大とともに、道路建設費および維持管

理費が高額となり、総輸送費はかえつて増大し初める。従つて、特別の重軸重自動車の使用は、大量輸送においてのみ実施さるべきものというる。

以上にもとづいて、輸送総原価は、走行速度を平均 30km/hr 程度とするとき、輸送距離、走行自動車型式および道路表層型式の関数となるために、道路形態の技術—経済的比較および判定にあつては、その平均貨物輸送距離の、または距離に対する輸送貨物量の限定並びに走行自動車型式の限定を必要とする。

経済調査の過程において、走行自動車の型式、種別、走行距離等の輸送成分についての資料を求めないときは、種々の自動車型式に対する輸送成分費の平均値を次式によつて算出することが薦められる。

$$p_c = 0.6p_c' + 0.3p_c'' + 0.1p_c''' \quad (13)$$

ここに、 p_c —1t. km 当り平均輸送原価（平均輸送成分費）

p_c' —ZIL—150自動車の輸送による 1 t. km 当り輸送原価

p_c'' —GAZ—51自動車の 1 t. km 当り原価

p_c''' —MAZ—200自動車の 1 t. km 当り原価

ただし、走行速度を30km/hrとする。 p_c' 、 p_c'' および p_c''' の値は表—8 に示される。

表—8 輸送成分費（ルーブル/t. km）

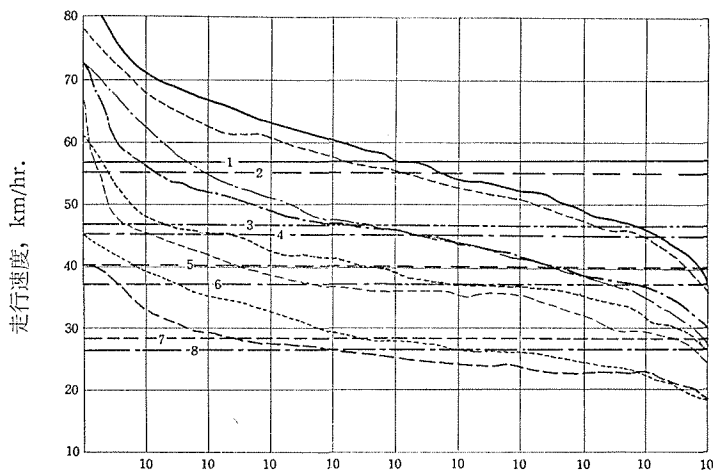
自動車種別	表層型式		
	改良型	中間型	簡易型
ZIL—150(p_c')	0.42	0.47	0.52
GAZ—51(p_c'')	0.52	0.59	0.68
MAZ—200(p_c''')	0.35	0.39	—

ソ連邦の自動車総数に関する多年の調査および発展予測に基づく公共道路の平均交通成分は、積載量 3 t 以下のトラック（主として GAZ—51）は30%、3 ~ 4 t（主として ZIL—150）は45%、4 t 以上（主として MAZ—200、特殊自動車、トレーラーおよびバスを含む）10%、

乗用車15~20%であるという。大略、この実績に基づいて上式が導かれたものと思われる。

自動車走行速度を変数とするとき、それに及ぼす道路の幾何学的要素の主要なものは、縦曲線、曲線半径、車道幅員、縦断勾配等であり、特に道路形態の経済比較に直接関連する要素は表層型式と路面状態である。その2要素のうち、表層型式と走行速度との関連は図—9 に示すように、走行速度は表層型式によつて著しく変化することが明瞭である。路面の非平坦性の交通速度に与える影響は、走行抵抗となり、燃料、自動車タイヤおよび車道路面に対して甚大な損耗を与えることは知られているが、その計量的表示には、尚調査研究の不十分のために、ソ連邦においても、今後の解明を要する問題点である。

道路走行速度は、道路の性状によつて変化し、延いて輸送成分原価に影響するために、原価と速度との結合にはある特別の補正係数 α を導入しなければならない。この目的のためにまず



観測回数の分布；観測総数に対するパーセント
 (細線—実測速度分布；太線—実測速度に対応する平均速度)
 1—アスファルト・コンクリート； 2—常温アスファルト・コンクリート；
 3—良好状態の砂利； 4—満足な状態の黒砂利； 5—玉石；
 6—悪い状態の黒砂利； 7—悪い状態のスラッグ； 8—悪い状態の碎石
 図—9 ZIL-150型自動車の走行速度に対する表層型式の影響図

[MTC]—最大技術走行速度

[TC]—実際の技術走行速度

V_{max} —水平直線路における自動車の算定型式 (GAZ—51, ZIL—150 および MAZ—200) に対する最大平均走行速度

C_m —最大技術走行速度係数 = $[MTC]/V_{max}$.

と定義する。ここに [TC] は停留箇所を含まない分離2点間の平均走行速度であり、[MTC] は [TC] の最大値である。ハラーシロフの調査研究による C_m の値は表—9 に示される。

[TC]/[MTC] の値は多数の実績から 0.7 となる。 V_{max} は通常の自動車交通流においては、剛性舗装の車道幅員 7.0m の場合 57km/hr, V_{min} は V_{max} と同条件の下に 27km/hr となり、その差 30km/hr を [MTC]/[TC] に適用すると、

$$[MTC]/[TC] = \{[TC] + 30\} / [TC] = 1 + 30/0.7 \cdot C_m \cdot V_{max} \quad (14)$$

となる。また p を実際輸送速度に対する 1 t.km 当りの輸送原価 (=輸送成分費) とすると、 p_c は 30km/hr 以内、即ち V_{min} における 1 t.km 当りの平均輸送原価であるから

表—9 最大技術走行速度係数, C_m

道路等級	C_m		
	平坦地	丘陵地	山岳地
I	0.95	0.90	—
II	0.90	0.85	0.75
III	0.85	0.80	0.65
IV	0.80	0.75	0.55
V	0.75	0.70	0.45

$$p = \alpha p_c [MTC] / [TC] = \alpha p_c (1 + 30/0.7 \cdot C_m \cdot V_{max})$$

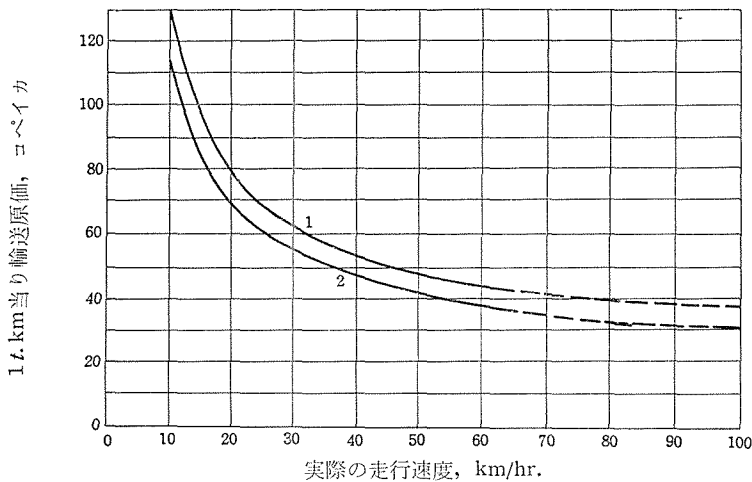
となる。α=0.5~0.6 ととられるために

$$p = (0.5 \sim 0.6) p_c + 30(0.5 \sim 0.6) p_c / 0.7 \cdot C_m \cdot V_{max} \tag{15}$$

または簡単化して

$$p = 0.55 p_c + 20 p_c / C_n \cdot V_{max} \tag{16}$$

となる。上式の輸送原価は図一10によつてさらに明確化される。



図一10 自動車走行速度と輸送原価との関係（道路の改善によつてスピード・アップされる場合）
 1—中間型表層； 2—改良型表層

年間道路輸送費 t は、1 t.km 当り貨物輸送原価 p と年間貨物輸送総体作業量 W とによつて大約次式に示される。

$$t = p \cdot W \tag{17}$$

上式がハラシーロフの輸送費算出式である。一般に公共施設道路は貨物輸送の外に、バス、乗用車による旅客輸送が行われ、その輸送作業量に要する旅客輸送費は当然 t に包含される。

ハラシーロフは輸送成分費を p をもつて一括表示せしめるに對し、 p を固定費と可変費とに大別し、それぞれの内包する各要素を論ずるものがある。(2)によれば、(1)式の S_t を

$$S_t = \frac{R_f \cdot T_e}{G_s \cdot k_c \cdot D_g} + \frac{R_f}{G_d \cdot k_d \cdot k_e \cdot V_d} + \frac{R_v}{G_d \cdot k_c \cdot k_e} \tag{18}$$

とする。ここに

R_f —1時間作業（1台・時）に要する固定費（走行距離に関係しない）

- T_e —積載貨物の積卸時間
- D_g —貨物 1 t の平均輸送距離
- G_s —自動車の静的平均積載量
- G_d —自動車の動的平均積載量
- k_c —自動車の有効貨物積載力の静的係数, 積載比
- k_d —自動車の有効貨物積載力の動的係数, 全有効公称貨物積載力の場合に示しうる輸送作業量に対する実輸送作業量の比
- k_e —利用走行距離係数, 全走行距離に対する積載走行距離の比
- V_d —自動車の技術走行速度
- R_b —走行距離 1 km に対する可変費

(18)式の分母は輸送作業量を意味し, 分子は固定費と可変費との和となる。この式の簡単化した式は次の(19)式である。

$$S_t = (S_1 l + S_2 T_w + S_3 T_n) / Q \cdot l \tag{19}$$

ここに, S_t —1 t・km 当り輸送原価,

- S_1 —走行距離 1 km に対する運転費 (運転手の労賃を含まない)
- S_2 —1 台・時に対する運転費 (同上)
- T_w —1 運行時間
- S_3 —1 時間作業に要する労賃
- T_n —1 運行に対する時間ノルマ
- $Q \cdot l$ —1 運行による t・km

(17)および(19)式に基づいて算出された結果を表示すると表—10, 11 となる。

自動車輸送原価の主要部分を占める燃料費およびタイヤ費は次式によつて示される。⁽²⁾

(1) 燃料費 走行距離100km当り燃料消費量の算定式

$$Q = \frac{G_e \cdot N_e \cdot 100}{1,000V} = \frac{G_e \cdot N_e}{10V} \text{ (kg/100km)} \tag{20}$$

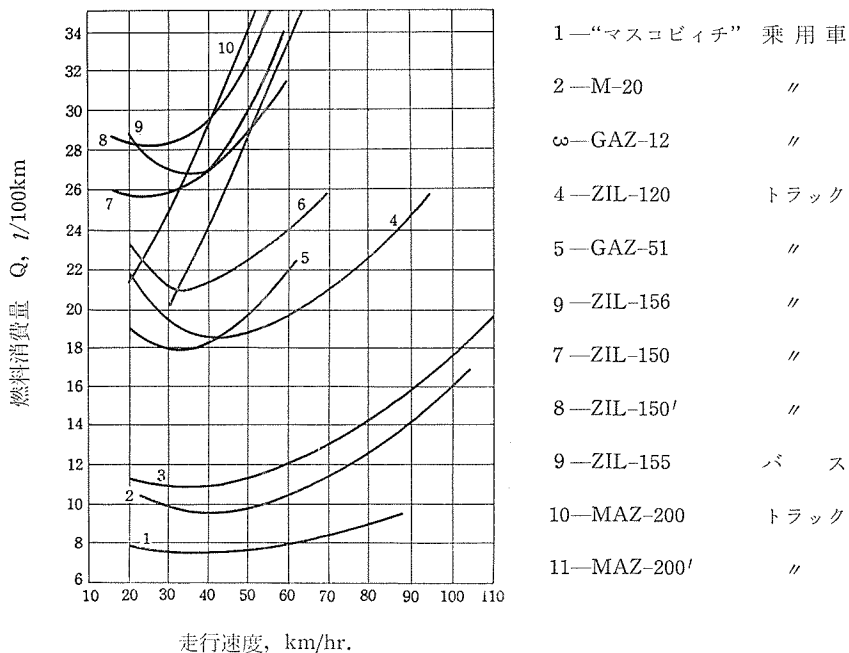
ここに, Q —燃料消費量, kg/100km

表—10 道路条件による 1 t. km 当り輸送原価, ループル

道路 等級	平 坦 地			丘 陵 地			山 岳 地		
	改 良 型	中 間 型	簡 易 型	改 良	中 間	簡 易	改 良	中 間	簡 易
I	0.40—0.45	0.45—0.55	0.50	0.40—0.45	0.45—0.55	0.55	—	—	—
II	0.40—0.45	0.45—0.55	0.52	0.40—0.45	0.45—0.55	0.56	0.45—0.50	0.50—0.60	0.45
III	0.42—0.46	0.46—0.56	0.53	0.42—0.46	0.46—0.56	0.57	0.48—0.55	0.55—0.60	0.55
IV	0.43—0.48	0.48—0.58	0.54	0.43—0.48	0.48—0.58	0.59	0.50—0.60	0.60—0.70	0.65
V	0.45—0.50	0.50—0.60	0.55	0.45—0.50	0.50—0.60	0.60	0.55—0.65	0.65—0.80	0.75

表—11 自動車型式と輸送成分費との関係⁽³⁾

自動車型式	積載力 t	道路等級	輸送距離に対する 1t.km 輸送費, コペイカ				
			1	10	50	100	200
GAZ—51	2.5	{ I, II	214	62	38	33	31
		{ III, IV	219	68	44	38	36
ZIL—5	3.0	{ I, II	228	63	38	32	30
		{ III, IV	233	69	43	37	35
ZIL—5+2AP ₃	6.0	{ I, II	—	46	27	23	21
		{ III, IV	—	50	31	26	24
ZIL—150	4.0	{ I, II	178	50	30	26	24
		{ III, IV	182	54	34	30	28
ZIL—150+2AP ₄	8.0	{ I, II	—	36	22	18	17
		{ III, IV	—	39	24	21	19
MAZ—200	7.0	{ I, II	144	38	22	19	18
		{ III, IV	148	41	26	22	21
MAZ—200+2AP ₆	14.0	{ I, II	—	—	17	15	14
		{ III, IV	—	—	19	17	15



図—11 走行距離100kmに要する諸型式自動車の燃料消費量と走行速度との関係

G_e —計画走行速度に対する単位燃料消費量, g/馬力・時

N_e —所定路面マサツ抵抗に対して, 計画速度をもつて走行するのに必要な自動車の有効馬力

V —走行速度

走行速度の変化に対する自動車の燃料消費量は, 水平直線路の場合, 図—11となり, 諸種の交通要素を含む燃料消費量計算式は(2)式となる。⁽²⁾

$$Q = \left[G(f \pm i) + \frac{kFV^2}{13} \right] \frac{G_e}{2700\eta \cdot \gamma_m}, \quad (l/100km) \quad (2)$$

ここに, G —自動車重量, kg

f —横這りに対する抵抗係数

i —道路の縦断勾配

k —空気の抵抗係数

F —自動車の前頭面積, m^2

V —走行速度, km/hr

η —自動車の動力伝達効率

γ_m —燃料の比重

(2) タイヤの損耗

タイヤの損耗は, 表層の型式, 路面状態あるいは気象条件によつて支配されるために, 試験の結果に基づき, これらの条件を次の3群に分類する。

A群—アスハルト・コンクリート, セメント・コンクリート, 黒碎石, 黒砂利および切石材の表層

B群—良好な状態に維持されてある碎石, 砂利, 舗石および改良土による表層

C群—技術的に不十分な状態にあるA, B群

A群に対するタイヤの使用期間を100%とすると, B, C群に対するタイヤの使用期間は表—12となる。

自動車輸送成分費に含まるべき要素は, 以上の外に, オイル消費

量, 自動車修繕費および減価償却費があるが, 経済比較においてはそれらの内容について論議されないようである。

表—12 タイヤの耐用比

自動車種別	タイヤの耐用比 (%)		
	A 群	B 群	C 群
ZIL—150	100	86	58
ZIL—5	100	75	55
GAZ—51	100	74	—

Ⅵ 道路の更新および改良に対する控除額 a

ソ連邦の工業経済においては, 減価償却を次の2部門に分ける。

(4) 耐用期間終了と同時に基本投資の固定ファンドに完全に補填されるもの, 即ち再生産されるものであつて, 1回限りの投下を必要とする。

(2) 大修理（更新および改良）に充当する減価償却ファンドであつて定期的に控除する。

(1)は一般の資金償却であつて、その償却控除額は定額法による。この場合道路建設に対して金利を考えるとときは、年間償却控除額Aは、

$$C(1+r)^n = A\{(1+r)^n - 1\}/r, \quad A = C(1+r)^n \cdot r / \{(1+r)^n - 1\} \quad (22)$$

となるべきものである。ここに、

C—道路建設のための固定ファンド

r—年利率

n—道路全体としての耐用年数

(2)は、ある労働手段が当初の生産性を取得するをその使命とする。しかし実際に大修理は、しばしば施設の近代化（更新、改良）の過程、その生産性の向上を伴うことは免れない。大修理を経済的効率の点からみれば、消化された固定ファンドの部分的補填にすぎないから、ある一定限界を逸脱して、労働手段の完全なる更新は許されないものとする。道路についていえば、舗装および路床等の大修理に要する償却ファンドであり、その控除額は定額法による。金利を導入する一般の年間償却控除額 a は(23)式によつて表わされる。

$$a\{(1+r)^{n'} - 1\}/r = S, \quad a = Sr / \{(1+r)^{n'} - 1\} \quad (23)$$

ここに、S—定期大修理に要する金額

n'—当該道路構成要素の耐用年数

ハラシーロフは、(1)に対して控除額の形をとらず、形態の経済比較のため、 $C(1+r)^n$ の代りに $C\delta^n$ として計算し、(2)に対しては、道路のある構成要素の大修理費として $\sum_1^n a$ をもつて表わしていることは既述の通りである。ここに a が r および δ と無関係である理由は、道路利用の初年度から更改期まで償却ファンドとして国民経済に蓄積活用されるためである。

次に、道路の残存価格、即ち生産過程から完全に離脱したときの価格をいかにとるかは1論点となるが、ソ連邦においては、この価格を全く認めないものようである。

工学的輸送構造物としての道路は、不変的要素と可変的要素とからなる。不変的要素は道路敷、植樹帯、その他の用地をその内容とし、これらはいずれも損耗が極めて緩徐かつ微小であるために、常時補修によつて常に始原状態を保持しうるものである。

故に控除額は、可変的要素の更改に対する蓄積であり、この要素は比較的迅速に損耗するために、通例早期更改の実施によつて工事費の合目的的活用を図るべきものである。表層はこの可変的要素の主要成分である。

道路の維持補修の目的は、車道表層その他の要素、構造物および器材を正常の運営状態に保持するにあるにもかかわらず、表層自体の規準的利用の場合、可変的要素はすべて常時補修以上の損耗を免れない。他面交通量および輪転材の積載力は、たえず増大して将来の想定数字に接近し、さらにそれを凌駕するに至るから、道路維持管理の過程

においては、逐次累増する輸送目標に合致しえない可変的要素の出現も、またやむをえないことといわなければならない。

上記の不均衡を根絶するためには、増大しつつある輸送要求と、道路運営の総体的発展とに対応して、正常なる運営状態とするための定期的更改作業を実施することである。この作業を、ソ連邦においては、基本補修と中間補修とする。従つて、大修理に要する費用の算定は、必然的に基本および中間補修作業の実施周期、その内容および費用に根拠をおかなければならない。統計の示すところによれば、基本および中間補修作業の実施周期は表—13に、補修作業費は表—14に示される。基本補修作業の内容は、表層、基層および路床の強化、改良、排水施設の新設および改良並びに路肩および路床法面の補修強化等であり、中間補修作業の内容は、表面処理および路面材料の補充、路肩および一部路床の補修、排水施設の改良、修理並びに道路標識の新設、補充、修理等である。

表—13に示される基本補修作業周期は、当該舗装型式の耐用年数を意味する。これらの数値は、アメリカ州道地方部道路についてウインフレとハーレルとの共同研究(1941)

表—13 基本および中間補修作業の実施期間⁽³⁾

交通頻度 (台/昼夜) 補修種別	500 まで		500—2,000		2,000—5,000		道路1km 当り 平均補修費	
	基本	中間	基本	中間	基本	中間	基本	中間
舗装	補修間の年数						1,000ルーブル	
改良基本型	—	—	30—20	10—7	24—15	8—5	80—180	25—45
改良簡略型	16—12	8—5	12—8	5—3	8—6	3—2	60—105	30—40
中間型	10—6	5—2	6—4	2	—	—	50—80	25—45
簡易型	6—4	3—2	—	—	—	—	40	20

表—14 表層型式をことにする道路の更新、改良に対する年間控除額

表層名称	自動車交通頻度(台/昼夜)に対する道路1km 当り 更新、改良に要する年間控除額 100ルーブル					
	200 および それ以下	200 500	500 1,000	1,000 2,000	2,000 3,000	3,000 5,000
セメント・コンクリート	—	—	9	10	11	12
角石材、モザイク	—	—	5	6	7	8
アスハルト・コンクリート	—	—	11	13	15	18
黒碎石、黒砂利	—	12	15	20	28	—
玉石、割栗石	6	7	9	11	15	—
碎石および砂利 a) 硬質石材	12	15	25	—	—	—
同 上 b) 軟質石材	15	20	30	—	—	—
瀝青またはタールによる強化土	9	12	18	—	—	—
補充材による改良土層	10	15	—	—	—	—

による道路表層の平均耐用年数と近似的といいうる。⁽⁵⁾

建設機械（トラックを含む）の減価償却率は、1931年に設定されたが、1955年に、更に新減価償却除率が適用され、(1) 機械種別分類、(2) 耐用年数および大修理率の設定をみたのである。しかし(2)には老朽化の考慮が不十分であつたために、改めて「老朽化を考慮した建設機械、設備の新減価償却除率作成の基本原則」を樹立し、1958年より1959年に亘つて新減価償却率設定の完了を見る予定であるという。⁽⁴⁾従つてトラックについても、主として走行距離数に対応する耐用年数、残存価格、修理費および油脂費等も確定されてあるために、道路の輸送費計算においては改めてこれらを論じないものと考えられる。

Ⅳ 道路開通地域における経済活動および経済構造の阻害に関する費用 x ⁽¹⁾

道路の建設、維持管理および輸送の費用に包含せしめない費用、たとえば、道路開通地域における経済活動および経済構造の阻害に関連する費用は、すべて年間経費として別個に考慮すべきものである。本項には次の内容が含まれる。

(1) 沿道の農作物に対する被害、たとえば、中央アジアの人工灌漑施設を有する棉花栽培地帯に計画中の道路の舗装形態を比較するとき、棉花収穫率に及ぼす道路砂塵の影響を考える必要がある。何となれば、交通頻繁な幹線道路および諸種の間舗装を有する道路においては、砂塵は棉花に降下してその発育を困難ならしめるためである。ある機関の資料によると、沿道地帯の棉花収穫率の減少は、1ヘクタール当り250kgにも達するという。

(2) 建設材料、原料等の輸送路の延伸、および予定線の具体的開設による地面灌水状態または排水機構等の悪化

(3) 現在路線の耐用期間内において、迂回線を設けるときは、その建設費および運営機関の算定経費、または輸送路線の増長および輸送条件の相違によつて生ずる現在線と迂回線との輸送費の差額等の導入、その他の費用も、できるだけ詳細に計上すべきものとする。

Ⅴ 貨物輸送のスピード・アップによる貨物コストの低減額 $4Z$

現在形態道路を改良して、高級形態道路とするときは、運転速度の昂上が可能となり、貨物輸送量の増大および輸送費の低減となり、延いては貨物コストの低減を招来する。従つて、道路形態の経済比較にあつては、この低減額を高級道路形態の総費額より控除するか、または現在道路形態の総費額に加算すべきである。しかしこの場合の輸送量の増大、貨物コストの低減を、具体的価値として、いかに把握するかは、極めて困難な問題といわなければならない。

ソ連邦科学アカデミー、通信会員ティエ・エス・ハチャツロフは、総体の道路網または特殊道路網に対して、貨物輸送のスピード・アップによる貨物コストの低減額を、次式によつて算出すべきを提案した。

$$\Delta Z = C \cdot q_c (T - T') \quad (24)$$

速度および輸送距離の変化する場合は、

$$\Delta Z = C \cdot q_n (l/V - l'/V') \quad (25)$$

ここに、 ΔZ —貨物コストの低減額

C —単位貨物量の平均コスト

q_c —1 昼夜に発送する貨物数量

q_n —年間発送貨物数量，経済調査によつて年間貨物発送量が確定する計画道路については、 q_n が q_c よりも便である。

Z — $C \cdot q_c$ または $C \cdot q_n$

l, l' —スピード・アップ前，後の平均輸送距離

T, T' —スピード・アップ前，後の貨物輸送期間（昼夜）

V, V' —スピード・アップ前，後の道路区間速度

である。

一般に価格差を有する種々の貨物の輸送距離は、著しく相違する筈であるから、 ΔZ は平均コスト、平均輸送距離によらずに、次式のようにそれぞれの貨物についての集計によつて求むべきである。

$$\Delta Z = C_1 q_1 (T_1 - T_1') + C_2 q_2 (T_2 - T_2') + \dots + C_n q_n (T_n - T_n') \quad (26)$$

大量集団輸送においては、一般に輸送途次に貨物の積卸が行われるから、各自動車毎にその積載輸送作業量を異にし、輸送効率の変化を免れない。従つて形態比較に対する費額計算の目的をもつて輸送貨物コストの低減額を算定する場合は、全貨物輸送容量によるものではなく、実輸送貨物数量のみを対象とすべきである。ここに、実輸送貨物数量とは、建設材料、製品原料、機械部分および器具、市場供給貨物その他需要地点に直送される実際の貨物数量を指称し、これら貨物輸送のスピード・アップは、ある程度生産の総過程を促進せしめるに役立つものである。貨物の性質上、比較的長期保管となるか、連続生産過程に関与しえない貨物は、本計算に導入すべきではない。

Ⅶ 道路形態の経済比較方法

道路形態の経済比較は諸種の方式によつて行われるが、いずれも社会的労働による現実の経済に根拠をおき、しかもそれらの方式の多くは、生産原価の低減を根拠として算定されるものである。

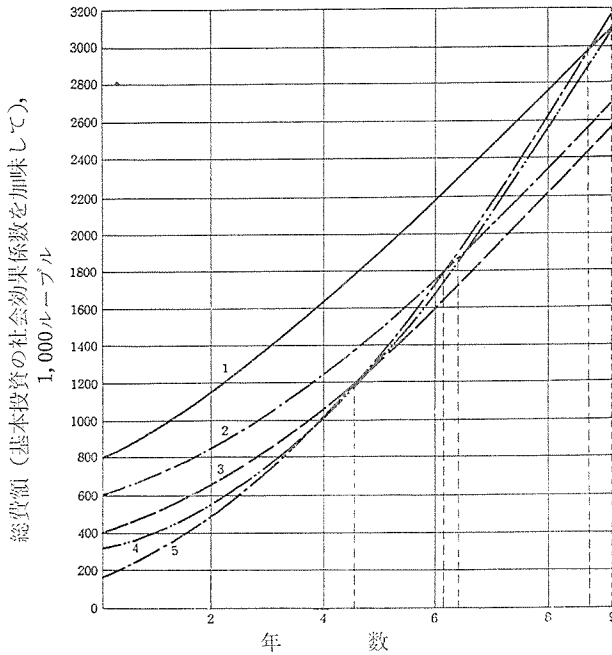
ソ連邦においては、その経験によつて、道路建設計画は費用補填方式または費用回収方式即ち年間比法によるを良策と考えている。この方式は、ある形態を他のそれと比較することによつて、相互関連する経済効果を確定することが可能であるのみでなく、形態による輸送作業量 ($t \cdot km$) の変化の結果、生ずる国民経済の蓄積を算定することが可能となるためであるとする。

ソ連邦における数種の比較方法をのべる。

(a) ハラシーロフの方法⁽¹⁾

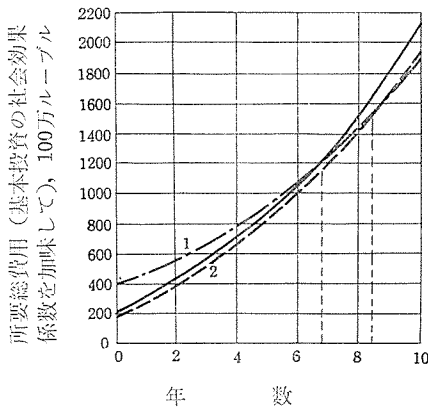
3に示す方式によつて比較され、例示すると次のようになる。

例1 与えられた条件は、貨物輸送作業量 200,000 t. km, 年平均輸送増加率 6~8%,



1—基本改良型； 2—簡略改良型； 3—中間型
4—改良土道； 5—標準土道の諸表層

図—12 自動車道路車道表層の形態比較に対する所要費用のグラフ



1—改良型； 2—中間型

図—13 設計方法選定のための形態に対する所要費用

道路等級Ⅱ級、その他の要素は平均値をとるものとし、4Z, xを算入しない場合を図示すると図—12となる。

例2 形態1は中間型舗装、道路延長500m, GAZ—51；形態2は基本改良型表層、道路延長475m, ZIL—150；形態3は中間型、道路延長475m, GAZ—51その他の輸送要素は3形態とも同一として輸送総原価を算出した結果は、図—13となる。

(b) 費用補填期間の比較による方法⁽²⁾

道路形態の建設費の差額を、運営費の差額をもつて補償するに要する期間によつて示される費用補填方式である。

$$T = \frac{C_1 - C_2 - \sum_1^n C_a}{(\sum_1^n S_2 W_2 - \sum_1^n S_1 W_1) / n} \quad (27)$$

ここに、

T—経済比較算定期間中、輸送総原価の節減によつて、良質道路形態に要した増加建設費を回収するための年数

C₁, C₂—比較される形態1, 2の建設費

$\sum_1^n C_a$ —期間 n までに減価償却控除額として回収される基本投資
 $\sum_1^n S_1 W_1, \sum_1^n S_2 W_2$ —算定期間 n における輸送総単価 S (道路成分費と輸送成分費との和) と輸送作業量 $W (=Q \cdot l)$ との積の和
 n —形態の経済比較年数, 通常10年とする。

この費用補填方式は, 道路の最も重要な構成要素の選択に必要な経済的評価を求めるのに極めて便であるといわれる。

(27)式をより簡単化すると次式となる。⁽³⁾

$$T = (C_1 - C_2) / (S_2 Q \cdot l_2 - S_1 Q \cdot l_1) \quad (28)$$

ここに, S_1, S_2 —1 t. km 当り輸送総単価

Q —年間輸送貨物量

l_1, l_2 —2 形態の平均貨物輸送距離

(c) 道路延長の決定を求める算定式⁽²⁾

迂回路線または半径, 勾配等現地の具体的条件によつて路線の区間延長に変化を生ずるとき, その経済的最短道路延長を求めるには, 道路輸送総費額の等値条件に基づき, 次式によつて算定する。

$$(0.01C_1a_1 + T_1)l_1 + S_1Q_1l_1 = (0.01C_2a_2 + T_2)l_2 + S_2Q_2l_2 \quad (29)$$

ここに, C_1, C_2 —比較形態路線 1 km 当り建設費

a_1, a_2 —減価償却控除率 (%)

T_1, T_2 —路線 1 km 当り道路成分費

l_1, l_2 —路線延長

S_1, S_2 —年平均輸送成分費

Q_1, Q_2 —年間輸送貨物数量

この道路—輸送費の等値条件による形態比較方式は, 路線延長の経済的基本的諸係数の選定に適用される。

(d) 道路建設による国民経済効果の比較方法⁽²⁾

採択形態の建設の結果, 国民経済に寄与する道路輸送総費額の蓄積額を計算する方法であつて, 次式による。

$$T_e = (C_d - nC_a) / C_\delta = (C_d - nC_a) / (E_c + E_l + E_o + E_k + D_r) \quad (30)$$

ここに, T_e —決定形態に対する全建設費が, 道路輸送総費額の国民経済への蓄積によつて補償される期間 (年)

C_d —道路建設費 (投資額)

C_a —年間減価償却控除額

C_δ —経済効果の算定期間において, 決定形態の建設によつてえられる道路輸送総費額の国民経済への純蓄積額

E_c —道路の技術的状态を強化した結果として生ずる輸送成分費の低減による

節減額

E_l —道路延長の短縮による輸送成分費の節減額

E_o —過剰輸送距離を削減して、貨客の過剰輸送距離を整理するために生ずる節減額

E_k —短距離輸送貨物を鉄道および水運から計画道路に転換することによつて生ずる節減額

D_r —決定形態道路の建設直前の状態と比較して、道路維持補修費の節減額または増加額

n —経済比較算定期間、年

(e) テレネッキーの方法⁽²⁾

カー・エス・テレネッキーの提案は、単位輸送作業量に対する総費用の比較を、次式によつて示すものである。

$$B = \frac{B_1}{S_1} + \frac{B_2}{S_2} + C + 360N \left[2.2(p+r) + \frac{\alpha}{V} + \frac{\beta}{L} \right] \quad (31)$$

ここに、 B —単位輸送作業量 1 t. km に要する年間総費額

B_1, B_2 —それぞれ基本補修および中間補修に要する道路 1 km 当り費用

S_1, S_2 —それぞれ基本補修および中間補修の実施周期

C —道路 1 km 当り年間常時補修費

N —将来10年間の平均想定自動車交通量、自動車は ZIL—150 を基準とし、車種を異にするときは次の係数を乗ずる。

重積載力トラック—1.5

中積載力トラック—1.0

軽積載力トラック—0.8

乗用車—0.6

p, V —燃料費および走行速度 km/hr

r —自動車 1 台・km 走行に要するタイヤ費、平均 0.10 ルーブル、路面抵抗の小さな道路—0.06 ルーブル、通行能力の低い道路—0.12~0.15 ルーブル

L —輸送距離、km、経済的観点から決定される。非幹線道路に対しては大約 13~25km

α, β —係数、 $\alpha=8, \beta=2.3$ ととる。

この式は、星堃博士の算定式に近いものといいうのであろう。⁽⁶⁾

(f) 単位輸送作業量に対する輸送総費用の比較による方法⁽²⁾

(11), (12) および (18) 式によつて求められる。

$$S_o = S_d + S_t \\ = \left\{ \frac{C_d \cdot k_d \cdot a_d + E_d}{Q \cdot l} \right\} + \left\{ \frac{R_f \cdot T_e}{G_s \cdot k_c \cdot D_g} + \frac{R_f}{G_d \cdot k_d \cdot k_e \cdot V_d} + \frac{R_v}{G_d \cdot k_c \cdot k_e} \right\} \quad (32)$$

以上の諸方法を分類すると、経済比較算定年間の輸送総費用、(a); 年間 1 t. km 当り

総費用, (e), (f); 投資額とそれによつてうける収益との比, (b), (d); 経済的最短輸送距離 (c)となり, また投資額の経済効果の概念を導入したものは(a)のみであつて他は全く原価計算による比較方法である。

7 結 論

(1) ソ連邦における道路形態の経済比較方法は, 純然たる費用補填方式か, または便益比方式に類する費用回収方式である。

(2) ハラシーロフの費用補填方式は, 経済比較算定年内に投資費消した一切の費用の外, 形態の変更によつて生ずる経済効果を包含する。輸送作業量は費用に換算されるために, 総費額をもつて経済比較が可能となる。その特色は, 国民経済の増進率(社会効果係数)を複利計算によつて投資額に乗ずること, 自動車のスピード・アップによる収益性を加算すること, 自動車種別を計算要素とすること等である。ただし, スピード・アップによる収益性については, 尚詳細な説明を要するものと思われる。

(3) ハラシーロフの算定方式にもとづいて, 道路等級, 道路表層型式および自動車種別に対応する輸送総費額が詳細に算出されていることは他に類を見ない。このことは, 自動車による貨物輸送の実態——たとえばO—D調査結果——が正確に把握されていることを示すものであろう。

(4) ハラシーロフ以外の比較方式は, 1 t. km 当り道路輸送総原価計算の方式である。

(5) 道路の建設, 改良によつて生ずる二次的便益の算定については, ソ連邦においても, その必要を強調しながら, なお計算式によつて表現しうる段階には達していないようである。

本文を作成する骨子となつた, ハラシーロフの著書の借用, その他種々の御教示を頂いた東大教授星埜和博士に, 深く謝意を表するものである。

文 献

- (1) N. F. HARASHILOV : Voprosy tekhniko-ekonomicheskogo obcnovaniya vybora konstrukciy dorozhnykh odezhd, Avtotrancizdat, Moskva, 1957.
- (2) H. V. ORNATCKIJ : Cpravochnik inzhenera dorozhnika. Avtotransizdat, 1958, pp. 6—55.
- (3) P. V. BARTENEV, V. P. PARFENOV : Vodnyj, avtodorozhnyj, vozdushnyj i promyshlennyj transport. Gosudarstvennoe transportnoe zheleznodorozhnoe izdateljstvo, Moskva, 1958, pp. 71—113.
- (4) ソヴェート年鑑, 時事通信社, 1958年版, 1959年版
- (5) J. H. BATEMAN : Introduction to highway engineering. John Wiley and Sons, 1948, pp. 458—468.
- (6) 星埜和 : 道路工学(上), 昭和32年, コロナ社, pp. 107—109.

3 以降, 図, 表類に文献番号の付してないものは(1)による。

Summary

Economical Standpoints on Road Surfacing

Kenkichi SATO

(Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering)

The cost of highway transportation consists of two elements; the costs incurred on account of the highways and the costs incurred on account of the vehicles. These costs are interrelated in a very complex manner.

In general, the highway costs that must be considered may be expressed as follows:

Annual highway cost = annual return on the value + annual cost of routine maintenance + annual administration and operation cost + annual depreciation + annual cost of periodic repairs.

The vehicle costs can be estimated identically in principle with the highway cost.

In order to determine the program of highway improvement and the selection of road surfacing that will insure the lowest over-all cost, it is necessary to compare economically the annual transportation cost per unit transportation service with each other.

In USSR, the highway transportation costs contain chiefly the same substance as above mentioned and those estimating formulae can be regarded as the complete compensation method.

Apart from those, Harashilov has proposed a new estimating formula of road benefits which stands upon the wider economical point of view.

Harashilov's formula of the whole cost of road transportation contains following elements:

- (1) the investment for the road construction;
- (2) the rate of increase in fiscal year budget;
- (3) the annual cost of routine maintenance, administration and operation;
- (4) the annual cost of vehicle usage, containing the cost new, the salvage value of vehicle, the annual cost of maintenance and annual operating costs;
- (5) the annual damage inflicted on agriculture and industry by the opening of highway traffic;
- (6) the annual cost of periodic repairs or annual depreciation of road;
- (7) the annual savings in the national economy induced by the speed-up of vehicle transportation.