

情報論的エントロピーによる自家用車 保有意識分析と道路網計画の評価

AN ANALYSIS OF THE CAR-OWNERSHIP CONSCIOUSNESS AND AN EVALUATION
OF THE ROAD NETWORK PLANNING BY SHANNON'S ENTROPY

谷口 君雄*・佐藤 馨**・五十嵐日出夫***

By Kimio TANIGUCHI, Keiichi SATO and Hideo IGARASHI

By introducing new concepts of virtual information element (VIE) and opportunity benefit, we constructed new models being appropriate for analyzing questionnaires and evaluating the road network planning in terms of opportunity. Using Shannon's entropy, (VIE-1, VIE-2) diagram is analyzed, and opportunity index is evaluated. The new models are applied for the analysis of the car-ownership consciousness and the evaluation of the road network planning in terms of opportunity in East Region of Hokkaido. It is shown that the car-ownership consciousness are classified into two classes and that the access-opportunity may be increased by the road network construction planning between Akan and Shibechea.

Keywords: virtual information element, opportunity index.

1. はじめに

本研究は自家用車保有意識を、筆者が提案した仮想情報元モデルにより分析し、さらに、地域道路網を、新しい発想で構築したOpportunity Network-Evaluation Model によって評価したものである。すなわち、社会システムに内在する『不確定さ、多様さ』の程度を情報論的エントロピーで計量し、これをモデルの変量としてとり入れ、以下の2つのモデルを提案して、その有用性を示そうとしたものである。

(1) 仮想情報元概念の確立し、この概念を

* 正会員 北海道自動車短期大学教授 工業部 建築科

(〒062 札幌市豊平区中の島2条6丁目)

** 正会員 工博 北海道大学助教授 工学部土木工学科

(〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

*** 正会員 工博 北海道大学教授 工学部土木工学科

(〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

導入して、仮想情報元モデル (Virtual Information Element Model; V I E M) と称する新規なモデルを構築した。そしてこの V I E M を用いて、アンケート法によって調査した各地域の自家用車保有意識を分析し、それぞれの地域特性を明らかにした。

(2) . さらにまた、生活機会便益の概念を数量化して、Opportunity Network-Evaluation Model (O N E M) と称する新規なモデルを構築して、地域の住民が都市的機能に享受する機会を考慮した、地域開発型道路網整備計画の評価を試みた。

2. Virtual Information Element Model の構築

(1) 仮想情報元モデルの構築 (V I E M)

一般に意識調査の場合に、設問内容が非数値の意義尺度の場合には、各種の統計分布 (ここでは、つねに各設問内容項目の相対度数分布を考える) から、その分布の平均値と分散を算定できないが、情報量はシャノンの情報論的エントロピー $H(\cdot)$ によ

て計量できる²⁾。以後は、相対度数分布を単に、系とよび、またその系のもつ情報量を $H(\cdot)$ で表す。さて、仮想情報元 (Virtual Information Element ; VIEと略記) は、系のもつ情報量 $H(\cdot)$ を媒介してつくられる計量尺度で仮想量である。これは仮想的な矩形分布の台にあたる右側変数軸上の矩形分布の上限値で正 (≥ 1) 値である。調査した系と同値の情報量 $H(\cdot)$ をもつ仮想的な矩形分布は、区間 $[1, VIE]$ 、確率 $1/VIE$ 、横軸とて囲む全面積=相対度数の総和=1である故に、これにより、系のもつ特徴が情報論的に簡潔に捉えられる。それ故に、同種調査に基づいた他の数組の集団のそれぞれの特徴が、仮想情報元VIEで計量、比較され、その差異性をグラフ上に表現できる。仮想情報元は、仮想的な元の数であり、調査したある設問項目のうち、回答肢の相対度数を大きさの順に並べたときの、ある大きさの相対度数までの回答肢の数である。

いまAグループについて、ある調査に基づくn項相対度数分布 $\{P_i\}_1^n$ ($P_i \geq 0, \sum_1^n P_i = 1$: i は系の第i番要素で設問項目の第i番目を表し、 $i = 1, 2, \dots, n$) が得られたとすると、Aの系 $\{P_i\}_1^n$ がもつ情報量 $H(\cdot)$ ビットは、シャノンのエントロピーを用いて、 $H(P_1, \dots, P_n) = E(-\log_2 P_i) \geq 0$ 、ビット (E : 期待値記号) である。このもとで、情報量 $H(\cdot)$ に関して同値な、仮想的な矩形分布にAの系 $\{P_i\}_1^n$ を変換させて、この仮想的な矩形分布と仮想情報元VIEとによりAの系 $\{P_i\}_1^n$ の特徴を代表させようとする。このような対応変換は、『エントロピー最大』の性質を利用し、かつ $1 \leq VIE \leq n$ として、

$$H(P_1, P_2, \dots, P_n) = \log_2 VIE \quad (1)$$

とおき、式(1)を満たすVIEを求めればよく

$$VIE = 2^{H(P_1, P_2, \dots, P_n)} \quad (2)$$

によって果される。つまり、情報量が $H(\cdot)$ でかつ最大値のときの系の状態は、情報元の数がある特定の $1 \leq VIE$ のときで、VIE個のすべての情報元がみな等しく確率 $1/VIE$ に従っているときの状態、つまり矩形分布のときに限る(全面積=1)。

式(2)のVIEを仮想情報元と名づける。

なお、仮想情報元は、Boltzmannのエントロピー

$S = K \log W$ と形式的につぎの近似関係が成立する(付録)。

$$VIE \approx \exp(S/KN) \quad (3)$$

K : Boltzmann定数

N : 調査回答総数 ($N \gg 1$)

さて、この仮想情報元VIEは、系の集中性と多様性を表示して、系の特徴を代表する。VIEは、系の回答肢を相対度数の大きさの順で順序尺度に入れ替えした状態下で、回答肢の数が丁度VIE個目に対応しているのである。

したがって、仮想情報元軸上の区間 $[1, VIE]$ 内に収まっている質問回答肢軸の回答肢の項目の内容を知ること、その系の集中性と多様性が同時に明らかにされる。

仮想情報元VIEの小数部は、系の極めて小さな相対度数の回答肢の個数に対応したものと考えられる。この小数部に対する解釈は、実際上の調査項目には存在しないが、回答肢とつぎの回答肢の中間部に任意に想像される何かの調査項目で埋められるものとして解決できる。VIE値が小さい場合、その系の回答肢中のある部分の集中性が高く、VIE値が大きい場合、その系は多様性がある。

図1は次節(2), b), 問8について, c), 表1に示す釧路市159票, 釧路町10票の調査データを基にしたVIE Mの例示である。内側2本の軸がVIE Mによるものである。外側横軸は、相対度数の大きい方から順に並べてある。2本の折線に対し、矩形分布を対応させて、相対度数分布の特徴を点VIE値で代表させる。釧路町VIE=2.9, 釧路市VIE=3.3であって、自家用車の必要性は釧路町の方が高い。何故ならば、釧路町の回答は、自家用車が無い場合の生活が、(非常に不便、全く成り立たない)に集中し、釧路市の回答は、(不便だが十分やれる)にも及んでいるからである。

つぎに、VIE Mによる市町村差分析方法を導く。

同一調査集団Aについて、 Q (≥ 2) 種類の設問調査結果データが得られたとする。この場合は、これまで述べた方法により、集団Aの各設問データごとに仮想情報元VIEを計算することによって、集団Aについて Q 個のVIEが得られる。

この Q 個のVIEの中から適当に数個(2個程度)をえらび、ベクトル量にする。これを調査したすべ

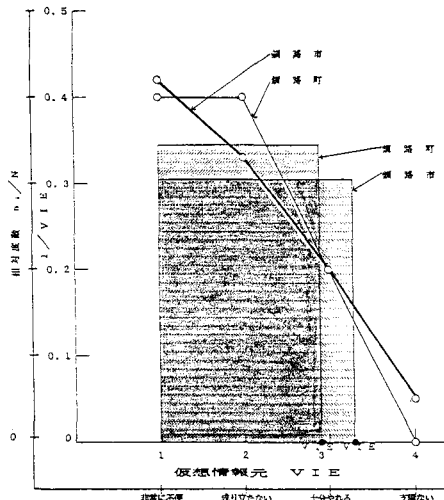


図1 V I E Mによる自家用車必要性意識分析の例示

でのグループ別に行う。さらに、この結果を空間配置すると、散布された点のパラッキ方から市町村等の差異性が分析できる。この場合、各点の座標点を読み、1からV I E値までの区間内にある回答肢の内容をしらべることで、グループの特徴が明確に捉えられる。

(2) 仮想情報元モデルによる北海道東部地区の自家用車保有意識の市町村差に関する分析

わが国における乗用車保有実態分析と将来予測については、たとえば肥田野・鹿島らの研究²⁾がある。しかし、本研究においては、特に北海道東部地区における自家用車保有意識の市町村差分析を試みようとする。

北海道東部地区（以下H T地区と略記）は、釧路支庁と根室支庁の計2市12町1村よりなり、釧路市を中心に形成されている代表的ともいえる分散型居住地区である。釧路・根室の両市を除いた人口密度の平均は、16.17人と極めて低位であり、自家用車主体の交通行動が多いため、地区全体の1世帯当たり平均保有台数が1.25台（小型2輪車、軽自動車を除く）の状況となっている（昭和60年3月末現在）。

そこで本研究では、H T地区の道路網整備計画の検討とからめて、当地区の住民が自家用車に対しどのような保有意識を抱いているかについて、市町村

間の差異性の分析を考え、すでに調査実施済みデータを基に、V I E Mによる市町村差分析を行った。

a) 『自家用車交通に関する調査』の実施概要

上記『自家用車交通に関する調査』を、昭和61年2月から3月にかけて実施した。①調査の範囲：北海道全域、②調査の対象：自家用車の所有者、③調査の目的：道路や公共交通サービスなど交通施設と舗装や除雪対策などその整備にどのような意識評価をしているか、通勤・買物・通院に自家用車をどう利用しているか、自家用車購入理由、車が無い場合の生活への影響などの調査、④調査の方法：全道の指定整備工場等へ修理・点検整備のためやって来たユーザーに対して実施し、後日回収する方式、⑤回収票中有効票：7,725票、⑥うちH T地区票：287票であった。その内訳は、⑦男性：90%、⑧職業：会社員・公務員67%、⑨年令：30才以下35%、30～40才が42%となっている。2月中の使用状況は、⑩買物84%（中心都市へ型）、通勤67%（職住近接型）、通院48%（居住地以外の市町へ型）であった。

b) 自家用車保有意識分析対象調査設問と項目

問6. 現在の自家用車を購入された理由は何ですか、あてはまる理由すべてに○印をお付け下さい。

- | | |
|----------------------|--------------------|
| (1) バスや鉄道を利用できないから | (10) 特にレジャーに使用するため |
| (2) バスや鉄道が遅いから | (11) 購入費が安かったから |
| (3) バスや鉄道の料金が安いから | (12) 燃費が良いから |
| (4) バスや鉄道のサービスが悪いから | (13) スタイルが良いから |
| (5) 自家用車の方が快適だから | (14) 内装が充実しているから |
| (6) 時間に拘束されずに移動できるから | (15) 室内空間が広いから |
| (7) 特に通勤に使用するため | (16) 乗り心地が良いから |
| (8) 特に買物に使用するため | (17) 車検時だから |
| (9) 特に通院に使用するため | (18) その他() |

問8. もしお宅に自家用車がなかったら、あなたの生活はどうになりますか

- | |
|-------------------------|
| (1) 全く成り立たなくなる |
| (2) 非常に不便であるが、何とかやっていける |
| (3) 不便であるが、十分やっていける |
| (4) ほとんど支障なくやっていける |

c) 調査結果回答数表

2設問回答数の市町村別表を、表1に示す。

表1 H T地区15市町村、問6・問8、回答データ数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	合
市町村名	釧路市	釧路市	厚岸町	浜中町	標茶町	弟子屈町	阿寒町	釧路市	白糠町	音別町	根室市	標津町	中標津町	釧路市	計	
問6票	470	30	17	8	23	21	29	2	34	23	59	36	19	28	6805	票
問8票	159	10	6	3	9	8	8	1	15	9	14	9	9	10	2272	票

以上から、以下の分析結果は男性側に偏っているが、地域の自家用車利用実態からみて、その回答は妥当と思われる。

d) 仮想情報元モデルによるHT地区の自家用車保有意識に関する市町村の差異分析

表1を基に、15市町村の各々の別、問6および問8の各々の別に、相対度数分布から仮想情報元を算定し、各市町村別の仮想情報元に関する2次元ベクトル $V_i = (V_{i1}, V_{i2})'$ (i は市町村No.) を構成して、図2に示す平面にプロットした。

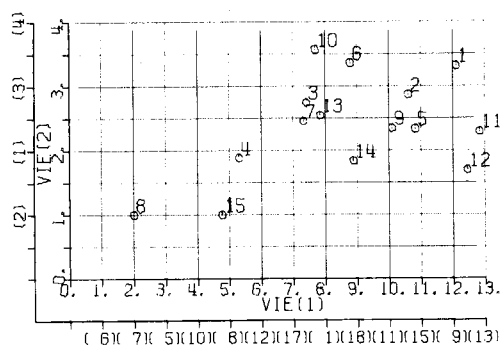


図2 仮想情報元(VIE(1), VIE(2))

図の点の右肩の数字は市町村番号である。

縦・横軸は、ともに2本の構成である。内側へVIE軸を、外側へ問6の回答肢番号(横軸)、問8の回答肢番号(縦軸)を配置した軸で構成した。回答肢番号の並べ方は、まずグループ全体をプールして、問ごとに相対度数を求め、値の大きい方から順につけた。

図からは以下の市町村差を分析できた。15個の点は右上方へ12個と左下方へ鶴居村、羅臼町、浜中町(ともに僻地)の3個に2分されている。しかし、左下方の3町村は回答数が少なく信頼できるとは云い難い。問6の車購入理由では鶴居村VIE=2.0(時間に拘束されない、通勤)であり、羅臼町VIE=4.8、浜中町VIE=5.3であるから、ともにほぼ(時間に拘束されない、通勤、快適、レジャー、買物)となっている。問8の車の必要性については、鶴居村=羅臼町でVIE=1.0(非常に不便だが何とか)に集中し、浜中町VIE=1.9で、ほぼ(非常に不便だが何とか、全く成り立たない)となっている。この両軸の回答肢内容を総合

し、左下3町村は僻地のため、他の12市町に比較して、車への依存性が強いことが明らかにされた。ちなみに、右上方の1番(釧路市)は、車購入理由がVIE=12.1であり、理由内容は多様である。同市の車の必要さは、VIE=3.3である。これは(不便だが十分やれる、ほとんど支障ない)の間に位置する値であるが、この意味は他のマストラ等を利用することができ、車が無くともさほどの影響がない、と解釈できると思われる。この両軸を併せ解釈すると、釧路市の車保有意識構造が複雑多様な内容を示している。以上から車ニーズの差異性について、アンケート調査を基に、15市町村を詳しく分析できた。

3. Opportunity Network-Evaluation Modelの構築

(1) Opportunity Network-Evaluation Modelの構築(ONEM)

最近、高速道路網の拡大が要求されているが、その評価は、主として自動車が現実に行き止ることによって生ずる便益、たとえば走行時間と交通量によって計測するという方法がとられている^{3), 4), 5), 6)}。しかし、この評価方法によれば、交通量の少ない道路網はさほど高く評価されないことになる。そこでここでは、筆者らが提唱するHolonic Regionalism⁷⁾の考え方による新しい評価方法を提案しようとする。これは、Opportunityの概念を導入し、それに基づくOpportunity Network-Evaluation Model(ONEMと略記)を構築して、道路網計画の評価を行うのである。そのための評価尺度にOpportunity Index(OIと略記)と称する指標を新たに提案する。

a) Opportunityの定義

Opportunity(機会)とは、地域の住民がシビルミニマムな文化的生活を営むために、またはそれを豊かで潤いのあるものとするために行う、都市施設利用の機会のことである、と定義する。

b) Opportunity Index(OI)

Opportunity Index(OI)は、各地点ごとに算出される。これは、シビルミニマムな生活機会保障の視点に立った道路網計画の評価指標である。ONEMにおける都市機能サービス施設は、①高等教育

施設数（大学，短期大学，高等専門学校），②図書館数，③病院数，④大規模小売店舗数，⑤美術館・文化会館数，⑥野球場・体育館数，⑦空港とする。

さて，上記7施設のうちの，ある種類の利用について考える（たとえば大型店舗における買い物など）。都市 j （1，2，…）における，このある種類の施設数を D_j ，地点 i から都市 j へ至る経路が m_{ij} （ ≥ 1 ）本あるとき，その代替経路網効果を U_{ij} ，またそのときの距離抵抗関数を R_{ij} で与える。このもとで，地点 i のOpportunity Index OI_i を，

$$\begin{aligned} OI_i &= \sum_j R_{ij} D_j U_{ij} \\ &= \sum_j R_{ij} D_j + (\log_2 e) \sum_j S_j \end{aligned} \quad (4)$$

ただし，2地点 i, j 間について，

$$U_{ij} = 1 + H_{ij} = 1 + \log_2 m_{ij} \quad (5)$$

$$(\log_2 e) S_j = R_{ij} D_j H_{ij} \quad (6)$$

$$R_{ij} = (1/m_{ij}) \sum_{k=1}^{m_{ij}} (1/t_{ijk}^2) \quad (7)$$

m_{ij} ：最短経路を含む代替経路本数

t_{ijk} ：第 k 番目の短時間距離（単位：平均走行時間）

H_{ij} ：代替経路網の最大エントロピー

S_j ：地点 j のボルツマン型エントロピー

また，地点 i から，ある特定地点 j までのアクセス機会を考慮した道路網整備計画の評価尺度として OI を，

$$OI_{ij} = R_{ij} U_{ij} \quad (8)$$

と定式化する。

OI の式(4)は，第1項が，距離抵抗関数と，享受可能なある種の文化的施設数との積の総和であるから，地点 i のOpportunityに関する確定項であり，第2項は利用代替経路の有する不確定さがウエイト付けられ，ボルツマン型エントロピーの総和で与えられているから，地点 i のOpportunityに関する不確定さの項である。同様に OI の式(8)は，これを代替経路効果 U_{ij} について展開すると，その第1項が距離抵抗関数であるから確定項となり，第2項が，距離抵抗関数と利用代替経路の有する不確定さの積の項であるから， OI は，Opportunityの視点からのアクセス性に関する道路網評価となっている。つまり，式(4)，(8)ともにOpportunityを考

慮した道路網計画評価のために，利用代替経路の不確定さ尺度を式中へ導入して，道路網計画時に際して道路に内在する利用のあいまいさまで，評価にとりこむのである。 OI 式(4)，(8)は，施設数 D_j ，代替経路効果 U_{ij} および距離抵抗関数 R_{ij} の増加に伴って単調に増加する関数であるから，Opportunityと地域開発型を考慮した道路網計画の評価に適した指標となっている。

o) Opportunity Network-Evaluation Model

(ONEM) 構築の基本的考え方

Opportunity Network-Evaluation Model (ONEMと略記)を構築した基本的考え方は，地域の思想であるHolonc Regionalismに依拠している。 $ONEM$ の構築は，地域道路網整備について，①高等教育施設数，大規模小売店舗数等の高次都市機能サービスの享受に関する地域の生活機会便益の増大と，②空港，特殊施設等の利用を考慮した地域開発の向上，という2つの目的達成のための計画と効果を，1つの指標 OI により評価するためのものである。モデルは，都市施設 D_j とそこへ到達するためのアクセス機能 R_{ij} と道路網効果 U_{ij} の3つを変数としており，特に地域道路網の計画道路選定の探索と評価が特徴なのである。 $ONEM$ の基本骨格は，地域の生活における『機会便益増大の原則』に立ち，『引力』概念に似せたOpportunity Index (OI と略記)を導入している。引力増大はアクセス機能の向上により実現するから，それに伴う道路網上の『代替経路網効果』を導入する。この効果は同時に，地域道路網の広がり の程度をも表わすのである。かかる代替経路網効果は『情報論的エントロピー』で計量される。こうして，引力の式に類似した指標 OI は，代替経路網の利用に不確定さ，が内在する筈であるから，エントロピー項を背負わせておくのが妥当性をもつと思われる。したがって，Opportunityの計量には確定項に加えて，不確定性項を付加する。Opportunityを計量する際に，地域開発効果は，道路整備が誘発する道路の利用機会の増大により生じるから，現在はあまり利用していないような道路も含めて評価する。このような考えから，不確定さ尺度によって計量される代替経路網効果を重視する故に，従来の方法による現在および将来見込量としての OD 交通量をこのモデルでは取り敢えず扱おう

とは考えない。

『機会便益増大の原則』とは、ある地域の住民が、その地域の周辺に存在する文化的な都市施設を利用して、高次都市機能サービスを楽しむことができる機会便益の程度を増大させるための道路網計画の原則をいう。

代替経路網効果 U_{ij} について、代替経路網は、経路本数の増加に伴い、限界効用逓減の法則にみられる性質を満たさなければならない。また、目的地と地域とのアクセス性を計量するために、距離抵抗関数 R_{ij} を導入する。 R_{ij} は、負の効用である。

つぎに、ONEMにより評価可能な事項を列挙すると、指標OIにより、①OIは地点ごとに算定できるために、整備道路の路線選定ができる、②地点別の整備効果を確認められる、③代替経路網効果を計量しているから、道路全体からみた道路整備効果が計量される、④商業・医療施設などの地域サービス施設分布を考慮した地域開発型計画に適用できる、⑤空港など、特定施設の利用を考慮した地域開発型計画に適用できる、等である。

(2) Opportunity Network-Evaluation Model による北海道東部地区の道路網計画の評価

a) 北海道東部地区の商圏の概況

北海道東部地区（HT地区と略称）は、前章で述べたとおり釧路市を中心に形成されている分散型住居地区であり、交通機関の利用は自家用車が主体となっている状況にある。HT地区の商圏の広がりについては、釧路市・弟子屈町・中標津町を三角形の頂点においた恰好でのくらし方が特徴である。空港は、ジェット機化され便数の多い釧路空港と、YS11機が運航している中標津空港の2空港がある。HT地区に隣接する帯広空港および女満別空港圏域の一部まで、サービス水準の高い釧路空港の圏域が広がり、同空港年間利用数は昭和60年実績で56万人である。釧路空港はHT地区における中核的役割を果たしている状況にある。従ってこの地区の釧路空港利用に関するOpportunityを増大させることを考えることにする。

b) Opportunity Network-Evaluation Modelの 作成

ONEMは、つぎの構成による。地域の中心都市のいくつかを仮にA, B, C, …とおき、まとめて

M で代表表示する。つぎは、各周辺地点のうち、道路網状況等をしらべ、人口集密度等を考え代表となる地点を i と規定する。故に、その地域において、 $M = (A, B, \dots)$ をとりまく地点 i は $i = (1, 2, \dots)$ 存在する。この i 地点から M 地点に到るルート l を、 (i, M) 経路とよぶ。また、各地点 i , M とともにノードとよぶ。 i 地点からつぎの地点 k までの道路区間をリンクとする。リンクは、 (i, k) 間において、ただ1本に限るようにして、国道など、その地域の主要な道路とする。つぎに、各ノードの高等教育施設数、大型図書館数、高度医療施設数、大規模小売店舗数、美術館・文化会館数、野球場・体育館数、空港など特定施設を、それぞれ算出しておく。これがノードの有する高次都市機能施設である。代替経路の算定は、つぎによる。地点 i から目的地 $M (A, B, \dots)$ に至ることを考えると経路 l , A間は、途中のリンクをつなぎ合わせて結ばれるが、その経路はグラフ上、数本あるに違いない。そこで i , A間の最短経路に対し、時間距離比（平均走行時間）で、1.5倍内の経路を選び、かつ、最短経路を込めて、4経路までとする。これを m_{iA} と書くと、 $m_{iA} \leq 4$ となる。このようにして、 m_{iB} , m_{iC} , …, が i 地点において求まる。時間距離比を1.5で抑えた理由は、AASHOによる高速道路建設時における既存道路から高速道路への転換率曲線を参考にして、速度比が1.0のときの転換率が時間距離比1.5あたりでゼロに近づく、ことによる。また代替経路を、最短経路込みで4本までとしたが、より多くても構わない。しかし代替経路本数 m_{iA} の増加は、そのまま、OI値の増大につながり、過大評価を招くことになる。また限界効用逓減の法則から考えても1本から4本へと、1本から5本へとでは、 U_{ij} の式(5)から前者では3倍の効果が期待されるのに比較し、後者は3.32倍程度の効果（増分効果0.32）しか期待されない。このことは、 $dU/dm = 1.4427/m$ によって、経路本数 m をさらに大きくしても限界効用は逓減するからである。

c) 釧路空港利用からみたアクセス機会増大の ための道路整備計画の検討

HT地区から釧路空港利用の指標OIを算定するために、b)でのべた方法に基づき、モデルONE

Mを作成すると、地点数（ノード数）32、各地点間経路数（リンク数）45となった。このONEMを用いて、釧路空港利用からみた各地点のアクセス機会増大のための道路整備計画をシミュレーションにより検討するため、指標OIの算定に式（8）を適用した結果が、図3、図4である（ただし、式中の目的地は釧路空港を表わしている）。

この結果をしらべると、図3から空港周辺のいくつかの地点を除いて、ほとんどの地点でOI値が低いから、アクセス機会増大のための道路網整備を検討する。

シミュレーションの結果は、図4中、太線で描いたルート（阿寒町ー鶴居村ー標茶町）間の道路を国道に格上げ整備することで、OI値からみた釧路、弟子屈、中標津周辺各地点のアクセス機会の増大が生じること、つまり走行時間と交通量によって高速道路を評価するという視点ではなくて、新たに、釧路空港へのアクセス機会の増大を考慮した図4のHT地区道路網整備計画が、同地域各地点の開発に効果を与えることを明らかに示せた。

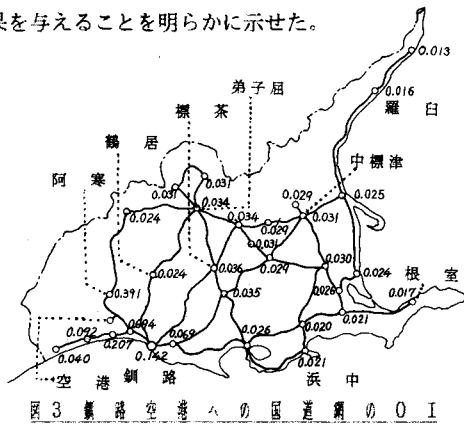


図3 釧路空港への国道網のOI

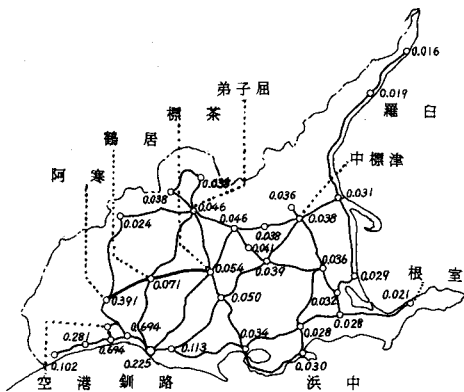


図4 釧路空港へのアクセス機会の増大を考慮した道路整備案のOI

d) HT地区における医療施設利用からみた Opportunity

図5は、式（4）によりHT地区の医療施設分布を考慮したOI評価の結果である。この地区は病院が釧路市に集中しており、したがって医療施設へのOpportunityは釧路市を中心にして高い値となっている。

一方、中標津、弟子屈にも病院があるので、この2町を中心とした地区にもOIの高い地域が存在していることが明らかにされた。

HT地区各地点での医療の面からみたOpportunityをさらに向上させるためには、釧路市への道路整備、ならびに、根室市、中標津町、弟子屈町に病院を建設する計画の検討が必要となろう。

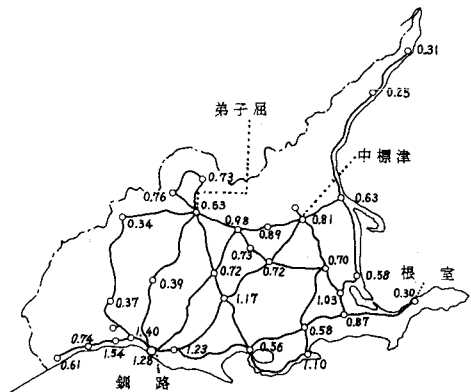


図5 HT地区における医療施設利用からみたOpportunity

4. おわりに

本研究が提案する仮想情報元モデル（V I E M）とOpportunity Network-Evaluation Model（ONEM）の2つのモデルとは、必ずしも整合しているとはいえない。ただこれらは、いずれも情報論的エントロピー概念を基本として、モデルを構築したものである。

あいまいさを伴う交通現象を解析する手法として、かかる情報論的エントロピーを適用することは、交通計画の分野で応用範囲が大きいことを適用例により立証したといえる。

Opportunity Network-Evaluation Modelは、後藤隆人氏（現、日本郵船）の発想に負うものである。同氏は、指標OIの構築に際し、重力モデルとグラ

フ理論を用い新たにOpportunity 概念を導入したが、筆者らは、さらにエントロピー概念の世界で理論的に発展させたつもりである。これを明記し同氏に深く感謝申し上げる。

また、北海道自動車短大の阿部信二、池田哲夫両講師、高橋節子、及川昌代両嬢の方々には、多くの労を煩わせた。記して謝意を表する。

付 録. 式 (3) の導出について

いま、つぎの仮定をおく。

- (i). N, n_i ($i=1, 2, \dots, m$), n^* (一定) はともに非常に大きい数,
- (ii). 2つの数 VIE と m について, $VIE \leq m$ が成立,
- (iii). 総数を N とし, $N = \sum_{i=1}^m n_i = (VIE) \cdot n^* \dots$ (一定),
- (iv). N, n_i, m はともに正整数, VIE, n^* は必ずしも正整数であるとは限らない数.

さて、以上の仮定 (i) ~ (iv) のもとで、総数 N を、 m (≥ 1) 個に分けられている場所へ $n_1, n_2, \dots, n_m$ 個分配する場合の数 $W(n_1, n_2, \dots, n_m)$ は、

$$W(n_1, n_2, \dots, n_m) = N! / n_1! n_2! \dots n_m! \quad (1^\circ)$$

で表される。 $N \gg 1$, かつ $n_i \gg 1$ であったから、スターリング近似式を用い、かつ $p_i = n_i / N$ とおくと、式 (1 $^\circ$) から

$$\log W \doteq -N \sum_{i=1}^m p_i \log p_i = NH(p_1, p_2, \dots, p_m) \quad (2^\circ)$$

が成り立つ (ただし、付録では対数をすべて自然対数で表し、エントロピー $-H(\cdot)$ の単位をナットにしてある)。ところで、仮想情報元 VIE (≥ 1) は本文中の式 (1), (2) により定式化されているので、式 (2 $^\circ$) は

$$\log W \doteq N \log VIE \quad (3^\circ)$$

と書ける。一方、再び仮定 (i) ~ (iv) のもとに、総数 N を VIE 個に分けられている場所へ分配するときに、そのときの場合の数を W^* とし、 W^* が丁度、式 (1 $^\circ$) に等しく、 $W = W^*$ となるように、 VIE 個ある場所へ分配するには式 (3 $^\circ$) を考慮しながら、ラグランジュ未定係数法を用いて、1つの場所へ分配する数を n^* とし n^* が $n^* = N / V$

VIE 個あて、みな等しく分配されなければならない、かつこのときに限り、総数 N を、 VIE 個に分けられている場所へ分配する場合の数 W^* を最大にする。以上の n^* により、 $\log W = \log W^*$ が成立しているので、いま S をボルツマンのエントロピーと書くと、式 (3 $^\circ$) から形式的に

$$S = K \log W \doteq KN \log VIE \quad (4^\circ)$$

となり、本文中の近似式 (3) が得られる。

なお別証として、エネルギー E (一定) を付加条件として解いても、上と同一結果が成立する。

参 考 文 献

- 1) 梅垣寿春・大矢雅則：確率論的エントロピー、情報理論の函数解析的基礎 1, PP.3-15, 共立出版, 昭和58年.
- 2) 肥田野登・鹿島 茂：乗用車保有の現状と将来予測その 3 わが国の現状と将来予測, 高速道路と自動車, 第28巻第1号, PP.38-47, 1985年1月.
- 3) 北川 久：都市高速道路転換率式に関する実証的研究(その1), 交通工学, Vol.15, No.6, PP.3-8, 1980年9月.
- 4) 北川 久：都市高速道路転換率式に関する実証的研究(その2), 交通工学, Vol.15, No.7, PP.3-16, 1980年11月.
- 5) 内山久雄・中村秀夫：動的な交通量配分方法 交通工学, Vol.17, No.2, PP.4-13, 1982年3月.
- 6) 森 昌文：道路網の評価方法—高速道路網を例として—, 高速道路と自動車, 第30巻第5号, PP.26-34, 1987年5月.
- 7) 五十嵐日出夫：幹線道路網計画の考え方と評価に関する試論, 土木学会論文集, 第377号, PP.1-13, 1987年1月.
- 8) 後藤隆人・佐藤馨一・五十嵐日出夫：Opportunity Based Approach による道路網整備計画の評価に関する研究, 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集, 第4部, pp.402-403, 昭和62年9月.