

雪寒地域における冬季歩行環境の定量的評価*

Quantitative Evaluation of Walking Environment in Winter for the Snowy Region

宮腰和弘** 小林健一*** 松本昌二****

By Kazuhiro MIYAKOSHI, Kenichi KOBAYASHI, Shoji MATSUMOTO

1. 研究の背景と目的

雪寒地域における冬季の道路交通状況は、無雪地域と違って、降積雪と除排雪の状況により大きな差異がみられる。近年、道路交通の除排雪環境は、機械除雪、消雪パイプ、流雪溝等の除排雪技術の発達、及び各施設の普及によって飛躍的に改善されてきた¹⁾。それに伴って、他地域への移動や道路走行状態において、住民は以前とは比較できない利便性・快適性・安全性を得たと推察される。

しかし、冬季の自動車交通に対する除排雪レベルが向上したのに対して、冬季の歩行環境はほとんど改善されていない。その原因は、歩行者の要求するサービス水準や歩行者意識に対する定量化が、未だに十分考察されていないからである。除排雪がどのレベルまで向上すれば、歩行者の何割が満足し、どの程度評価が向上するのかについて、また降積雪による様々な状況の変化によって、どの程度評価が変化するのかについて、数量的に把握されていないからである。

そこで本研究では、歩行環境に着目して、冬季の道路環境に対する地域住民の意識構造をアンケート調査によって把握する。それによって意識面からみた歩行環境の評価を行い、実際の歩行経路の選択行動を検証し、降積雪などの気象状況の変化、道路の除排雪レベルの変化に対応した地域住民の冬季歩行環境を定量的に総合評価する。

2. 評価方法とデータ

歩行者の冬季における経路選択に関して、要因としての意識構造は複雑で、その基準は多岐にわたる

と考えられる。また、歩行者の行う評価や判断は、これまで定性的なものも含め共通の尺度がない。

そのため評価手法としては、複雑で多様な意識、主観的な判断を定量化するために有効とされる、階層構造分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP 手法) を適用し^{2) 3)}、以下の手順で検討する。

①対象となる問題 (本研究では冬季における歩行環境) を「利便性」「安全性」「快適性」の3評価要素を軸に階層構造として分解する (図-1 参照)。この3評価要素の設定理由は、歩行者の欲求をどの程度充足させているのかを評価するための定性的な尺度として、最初に考えられる要素だからである。

②冬季歩行環境の階層構造に対して、AHP手法を適用して各階層の要素間の重みづけを行う。重みづけは、一対比較法による対象者へのアンケート調査から求める。ただし、一対比較において首尾一貫した答を期待することは不可能であるため、回答の整合性をコンシステンシー指数C.I. で評価し、この値が0.1以下 (または0.15以下) なら有効とする。

③次に、最下層の各評価要素に対して冬季に考えられる様々な状態を段階ごとに数項目ずつ設定し、それぞれの「評価値」を求める (図-3 参照)。

この「評価値」を求めるために、「これ以上悪い状態だと歩行に不満」と考えられる状態をアンケート対象者に選択してもらい、その頻度の割合を一番悪い状態から累積することにより (累積百分率)、各状態において少なくとも全体の何%の人が「この程度の状態なら我慢して歩行できる」と判断しているのかを算出する。この値は、ある意味では臨界点としての満足度と考えられ、この値を各評価要素に対する各状態の「評価値」と設定する。

④冬季において考えられる様々な歩行状態を、除排雪施設を基本として、各道路ケースごとに設定する (図-2 参照)⁴⁾。

*キ-ワ-ズ 除排雪 歩行環境 雪寒地域
**正会員 工博 長岡工業高等専門学校
(〒940 長岡市西片貝町888)
***正会員 工修 福井県
****正会員 工博 長岡技術科学大学建設系

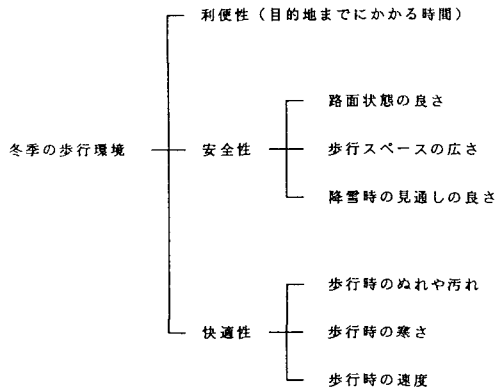


図-1 冬季歩行環境の階層構造図

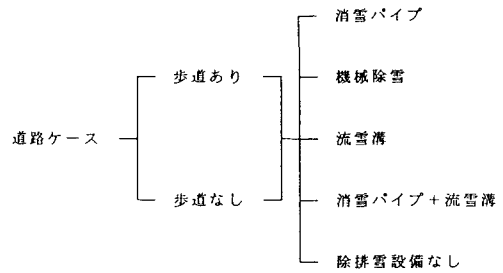


図-2 各道路ケースの設定構造図

このケース設定に対応する評価値に評価要素の重みを掛け合わせるにより、各評価要素の得点を求める。次に各評価要素の得点を合計することにより、各道路リンクの総合評価「リンク得点」を算出する（式(1)参照）。

$$U = \sum (W_i \times P_i) \quad (1)$$

ただし、 U : 個人のリンク得点

W_i : 評価要素1の重み

P_i : 評価要素1の評価値

⑤得られたリンク得点を個人の地区内における実際の冬季歩行経路に当てはめることにより、個人の冬季歩行環境を定量的に示す「ルート得点」（式(2)参照）を算出する。次いで、個人の冬季歩行行動（ルート選択）をルート得点によって検証する。

$$V = \frac{\sum r_i^+ \cdot U_i^+}{\sum r_i^+} \cdot W_c \cdot P_c \quad (2)$$

ただし、 V : 個人のルート得点

U_i^+ : 道路リンク i の得点（利便性を除く）

r_i^+ : 道路リンク i の歩行距離

W_c : ルート C の利便性の重み

P_c : ルート C の利便性の評価値

対象地域は、豪雪地帯であり克雪対策に積極的に

取り組んでいる新潟県長岡市として、市内16町丁目の住民、及び市役所の歩行通勤者を対象として冬季歩行環境のアンケート調査を行った。調査内容は、個人属性、歩行環境の重視度と満足度、夏冬の歩行経路等である。地域住民に対するアンケートは、配布数2,869部に対して回収数2,064部、回収率71.9%になった。さらに、AHP手法の一対比較回答が矛盾しているものや、無記入のものを省いた結果、有効回収数1,203部、有効回収率41.9%になった。市役所の歩行通勤者に対するアンケートは、回収数は124部、有効数は105部になった

3. リンク得点とルート得点の定量化

(1) 重み、評価値の算出結果

長岡市の地域住民に対する各評価要素の夏冬における重みを表1に示す（ただし、（）内は夏季の重み）。ここで、重みは各対象者ごとの重みを幾何平均したものである。また、表-1では、各階層の上から重みを順に要素間の重みに従って分配することに

表-1 各評価要素の夏冬における相対的重み

利便性	（目的地までにかかる時間）	0.183(0.239)
安全性	路面状態の良さ	0.310(0.188)
	歩行スペースの広さ	0.154(0.182)
	降雪（前方）時の見通し	0.141(0.176)
快適性	歩行時のぬれや汚れ	0.137(0.118)
	歩行時の寒さ（気温）	0.034(0.048)
	歩行時の速度	0.041(0.049)

より、最終的な評価要素の重みを示す。なお、コンシステンシー指数 C.I. は、いずれも $C.I. < 0.1$ であり、データの有効性が確認された。

表-1から、夏冬の両方において「安全性」の重みが最も大きいことがわかる。また、最下層の評価要素でみると、安全性の「路面状態の良さ」の重みが最も大きく、快適性の中では「歩行時のぬれや汚れ」の重みが大きい。次いで夏と冬を比較すると、冬季は評価要素ごとの重みの差が大きく、夏になると重みが全体に均一化する傾向にある。これより、冬季には重要視する要素が上述の2つ（路面状態、塗れや汚れ）に集中することがわかる。

次に評価値の一例として、安全性の下位の評価要

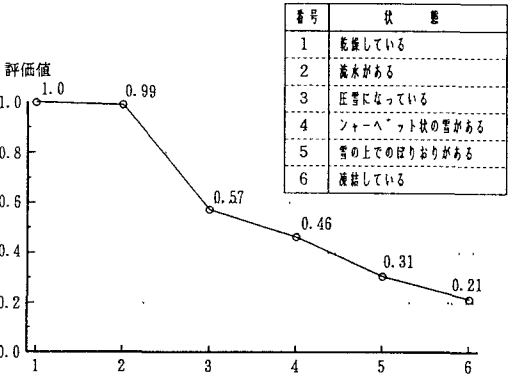


図-3 路面状態の評価値

素「路面状態の良さ」を図-3に示す。図-3において、横軸は冬季の路面状態を段階的に設定したものであり、縦軸は各状態の評価値である。「流水がある」状態は「乾燥している」状態とほとんど変わらない評価値だが、「圧雪になっている」状態では評価値が大きく減少する。また「シャーベット状の雪がある」状態になると0.5以下の評価値になってしまい、大半の人が歩行に不満を感じる事がわかる。

(2) リンク得点の算出結果

長岡市の地域住民を対象として、道路リンクの歩行環境を評価する「リンク得点」を除排雪施設ごとに算出した(図-4参照)。リンク得点は、夏季の状態を最高値の100点とし、0点を最低値としている。設定した各道路ケースには、最も良い道路状態を示した「最高得点」と最も悪い道路状態を示した「最低得点」の2種類がある。

リンク得点の結果として、歩道があり消雪パイプが設置されている道路ケースは、モデルケースの中で最も得点が高く、最高得点では夏季の道路状態とほとんど変わらない値を示している。

全てのケースに対してリンク得点幅の違いをみると、歩道が設置されている場合は、消雪パイプが約50点～100点、機械除雪が約30～70点、流雪溝が約50～95点、消雪パイプ+流雪溝が約60点～95点、

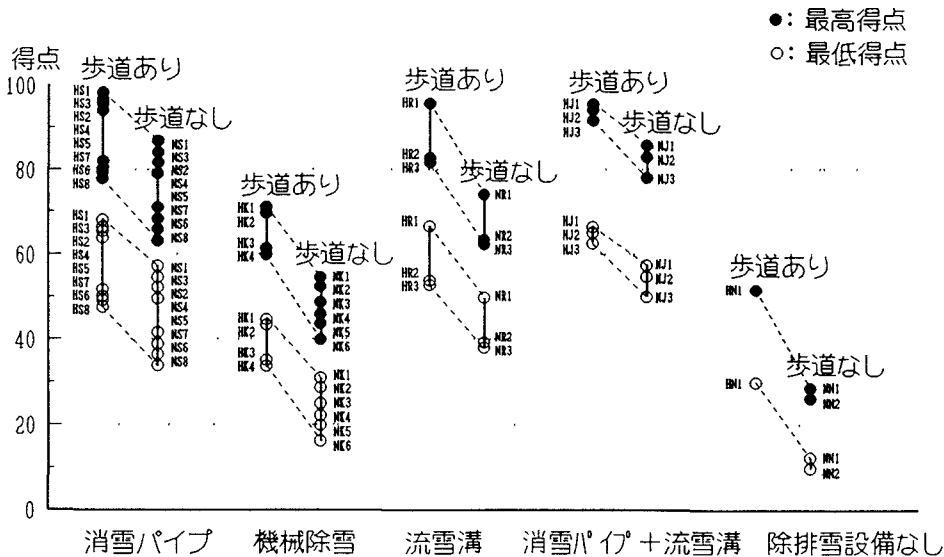


図-4 リンク得点(図中の記号は各ケースを示す)

除排雪施設が無い状態だと約30～50点となった。次いで、歩道が設置されていない場合は、消雪パイプが約30点～85点、機械除雪が約15～55点、流雪溝が約40～75点、消雪パイプ＋流雪溝が約50～85点、除排雪施設が無い場合だと約10～25点であった。

同一の除排雪施設の中で、道路ケースによってリンク得点の差が最も大きいのは消雪パイプの場合であり、ケース間に約70点の開きがある。消雪パイプといっても、道路状態の変化が激しく、得点が大きく変化することがわかる。一方、消雪パイプ＋流雪溝の場合、道路ケースによるリンク得点の差が小さく、道路状態の変化が少なく、除排雪効果が安定していることがわかる。

また、歩道の存在の有無によって、各道路ケースとも約15～25点のリンク得点差が生じる。歩道がない場合は、各道路ケースのリンク得点が分散しやすく、得点差が大きくなる傾向がみられる。

（３）ルート得点の算出と検証

（２）で得られた各道路ケースのリンク得点を個人の実際の歩行経路に当てはめ、式(2)を用いて個人の冬季歩行環境の総合評価である「ルート得点」を算出した。なお、リンク得点は、各道路ケースの総合評価のため、利便性の評価値である夏冬の歩行時間差は、最良の状態と最悪の状態での評価しか示せなかった。しかし、ルート得点では個人によって歩行距離が異なるため、個人ごとに夏冬の歩行時間差を設定した。

以上の設定に基づいて、目的地のバス停までの歩行経路が夏冬で異なる対象者について、夏冬２ルートの冬季におけるルート得点を地区別に示す（図-5参照）。

その結果、最高得点だと46人中全員が、冬の歩行経路の方が夏の歩行経路よりルート得点が高く、最低得点だと46人中42人（91％）が、冬の歩行経路の方が夏の歩行経路よりルート得点が高くなった。すなわち、冬季での地区内歩行の場合、対象者はルート得点のより大きい歩行経路に変更することが検証された。

次に、個人が実際に歩行した経路の他に仮想経路を設定して、ルート得点の検証を行った。方法としては、個人ごとに目的地までの仮想経路を２種類

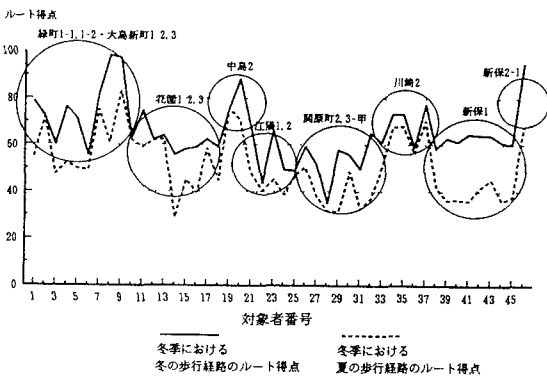


図-5 冬季歩行環境における夏冬経路のルート得点比較図

（場合によって１種類）を設定し、ルート得点を求めた（図-6参照）。そして実際の歩行経路と仮想経路のルート得点を比較して、実際の歩行経路の得点が仮想経路より高い場合、歩行者は考えられる経路の中で最も環境の優れた歩行経路を選択して通行していることが実証される。

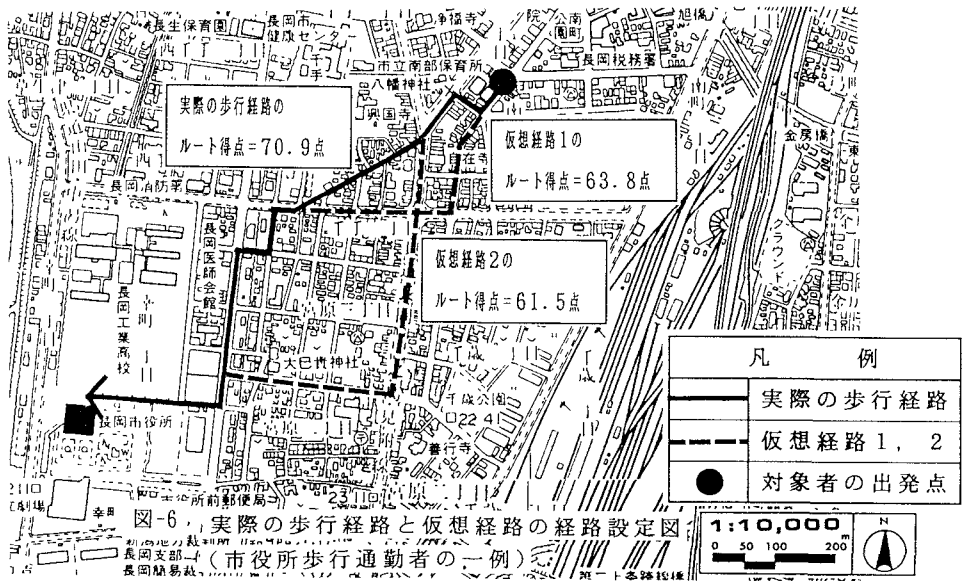
その結果、図-6のサンプルのように実際の歩行経路のルート得点の方が仮想経路より高い対象者は、地域住民において90人中80人で、89％の的中率が得られた。これにより、地区内通行において、ルート得点は個人の冬季歩行環境を定量的に示すことが実証された。

また、市役所通勤者の場合、実際の歩行経路におけるルート得点が仮想経路より高い対象者は、84人中57人となった。的中率は68％で、地域住民の場合より低くなった。ちなみに、目的地までの歩行距離が800m以内の対象者と比較した場合、19人中14人で、的中率は74％にまで上昇した。

4. 地区の除排雪レベルの評価例

個人のルート得点の式を応用して、アンケート調査を行った16町丁目の除排雪レベルを定量的に示す「地区得点」を算出した（図-7参照）。なお、図-7では、隣接している町丁目に対して、住民相互の通行があると考えられる地区ごとに結合している。

図-7の結果から、消雪パイプなどリンク得点の高い施設が多く設置されている地区ほど、地区得点が高いことがわかる。また、除排雪施設が無く地区得



点の低い地区と比較して、地区間の差異が極めて大きいことが判明した。

そこで、道路の除排雪施設を改善すれば、地区得点、つまり地区の除排雪レベルがどのくらい向上するのかを検討した。

例として関原地区のケースを示す(図-8参照)。図-8において、グラフ横軸の番号1は現状の除排雪レベルを示したもので、番号2以降は各種の改善ケースを示している。なお、グラフ中の横線は、各評価要素毎に0.5以上の評価値を抽出し、それに評価要素の重みを掛け合わせるにより求めた「満足できる得点ライン」を示したもので、満足得点は66.

6点となった。

図-8によれば、番号1の現状の除排雪レベルでは、満足できる得点ラインより点数がかなり下回っており、歩行者は現状の歩行環境に満足していないことがわかった。また、改善ケースにおいては番号2, 3では30点以上、番号4, 5では45点以上、得点が増加し、大幅に除排雪レベルが向上する。今後、道路及び除排雪施設の整備を行う際には、歩行者の評価する除排雪レベルがどれだけ向上し、他地区との差異がどれだけ小さくなるかを考慮する必要があると考える。

5. 結論

以上から本研究では、以下のことが判明した。

- ①地区内交通の場合、歩行者は冬季の歩行環境、特に安全性を重要視して通行している。
- ②冬季の道路リンクの歩行状態についての総合評価である「リンク得点」によって、除排雪の効果を定量化できる。
- ③冬季の降雪時における歩行環境の評価は、「ルート得点」によって定量的に表示できる。
- ④冬季において除排雪施設の整備された「ルート得点」の高い経路を、歩行者は選択して通行していることが検証された。
- ⑤ルート得点と交通行動との適合性により、結果的

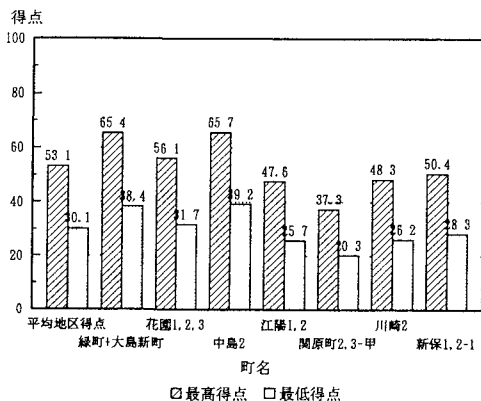


図-7 町丁目ごとの除排雪レベル

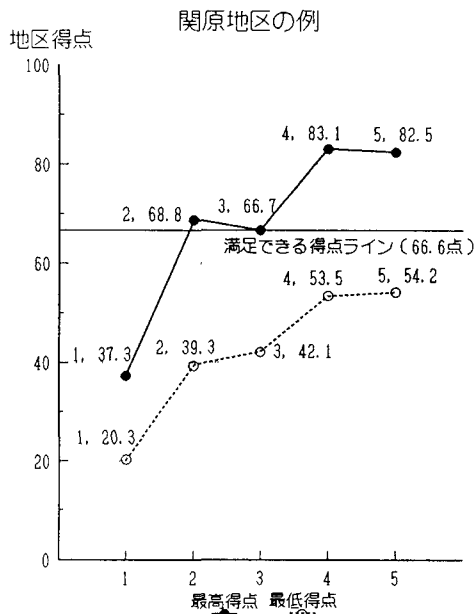


図-8 除排雪施設の整備改善ケース
(関原町の場合)

に「リンク得点」も検証されたことになる。これにより、除排雪施設の整備計画において「リンク得点」、「地区得点」を評価指標として適用することができる。

【謝辞】

冬季歩行環境のアンケート調査にご協力をいただいた町内会長及び長岡市役所の歩行通勤者の皆様に、この場を借りて深くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 沼野夏生：雪害、都市と地域の雪対策、森北出版、1987。
- 2) 宮腰和弘・松本昌二：市街地除排雪に対する住民の意識構造とその定量化、第27回都市計画論文集、1992。
- 3) 刀根薫：ゲーム感覚意志決定法－AHP入門－、日科技連、1986。
- 4) 土木学会編：地区交通計画、国民科学社、1992。

雪寒地域における冬季歩行環境の定量的評価

宮腰和弘・小林健一・松本昌二

本研究は、冬季における道路歩行環境に対する地域住民の意識構造を把握し、意識面からみた歩行環境を定量的に評価することを目的としている。長岡市を対象として、冬季歩行環境のアンケート調査を実施し、データを収集した。評価手法としては階層構造分析法（AHP法）を使用した。データ分析により、冬季における各道路リンクの歩行環境を「リンク得点」として定量的に評価することができた。その結果、除排雪施設の整備計画において「リンク得点」、「地区得点」を評価指標として適用することができる。

Quantitative Evaluation of Walking Environment in Winter for the Snowy Region

By Kazuhiro MIYAKOSHI, Kenichi KOBAYASHI, and Shoji MATSUMOTO

The objectives of this paper are to identify the hierarchical structure of inhabitants' consciousness toward walking environment in winter and quantitatively evaluate their preference by applying the method of Analytical Hierarchy Process (AHP). The survey was carried out in urban areas of Nagaoka. Walking environment of roads can be measured by "a link score" and "a route score", which are mainly dependent on the types of snow removal systemes. The route scores of roads are empirically tested by the route choice behaviour of walkers in winter.