

A Study on Level-Of-Service Analysis of
Facilities Serving Pedestrians
– Toward an Effective Improvement of Pedestrian Mobility –

(歩行者施設のサービスレベル分析に関する研究：
歩行者モビリティの効果的な改善に向けて)

学位論文内容の要旨

Since the pedestrian environment is multi-dimensional the pedestrian in the roadside environment is subjected to a set of several factors significantly affecting his or her perception of safety, comfort, and convenience. Measurement of these factors is necessary to evaluate the pedestrian facilities and evaluation methods are needed to understand how well a particular street accommodates pedestrian travel. The Highway Capacity Manual (HCM) 2000 provides the level-of-service (LOS) analysis for each factor affecting pedestrian facilities. However, relatively little guidance is given in the HCM on the compilation of each factor's LOS into a measure of overall LOS. It is generally recognized that having a measure of overall LOS is the contribution towards understanding and quantifying the street design elements that are conducive to the needs of pedestrians. Such a measure of walking conditions would greatly aid in roadway cross-sectional design and would help evaluate and prioritize the needs of existing roadways for sidewalk retrofit construction.

The main objective of this study is to analyse and develop methodologies for determining LOS of facilities serving pedestrians in order to promote efficient, safe, and comfortable walking environments along sidewalks and at crosswalks. The methodologies provide the framework for pedestrian facility evaluation. The specific objectives of this study are; (1) determine which features of a roadway environment have statistically significance to pedestrians, (2) quantify pedestrians' perception of safety and comfort in the urban streets, (3) provide a measure of how roadways accommodate pedestrians, and (4) validate the methodology presented in this study (5) examine the influence of LOS and winter road conditions on pedestrian route choice behaviour. This study identifies the characteristics of pedestrian environments, and the facilities needed to improve pedestrian access which makes transportation infrastructure more sustainable.

The first phase of this research had contributed for the development of pedestrian facility assessment techniques in assessing the LOS strategies for pedestrian planning with the aid of conjoint technique. This new type of methodology make possible, for the first time, the evaluation of overall LOS which is an index indicating how well a particular street accommodates pedestrian travel. Attributes affecting pedestrian LOS were defined and weighted by relative importance through conjoint analysis. A method

for the assignment of a LOS grade is proposed based on identified attributes.

This dissertation has been further extended to identify the factors affecting pedestrian LOS at intersections and propose a method for estimating pedestrian LOS at intersections. A number of primary independent variables influencing pedestrian LOS was identified and tested in the stepwise multi-variable regression analysis. The factors such as space at corner, crossing facilities, turning vehicles, delay at signals, and pedestrian-bicycle interaction were identified as the primary factors affecting pedestrian LOS at intersections. Based on the results, models for the estimation of pedestrian LOS were developed as a function of identified variables. Developed models have the potential to test alternative intersection designs by iteratively changing the independent variables to find out the best combination of factors in order to achieve the desired LOS of pedestrians.

In this study, a validation process was also designed and conducted to validate the LOS calculation methods. Validation allows us to compare the results of the proposed method and real-world data. Toward this, pedestrians were surveyed and their evaluations were collected in the form of scores. The scores given by surveyed pedestrians were compared with the total utility values which were calculated from the field measurement data. The results indicate that there is a general tendency for the user scores to be increased with increasing values of total utility. This confirms that the total utility values can be used to predict the overall LOS of the sidewalk environment.

Investigating pedestrian route choice behaviour in urban areas may help us to clarify the benefits of improving pedestrian LOS at walkways. Hence, a specific research was designed in this study, to examine the influence of LOS on pedestrian route choice behaviour. Using revealed preference survey data, a comparative analysis between actual routes and calculated alternative routes was performed by ArcGIS Network Analyst. Based on the results, multinomial logit model was developed to express quantitatively the route choice behaviours of pedestrians. The model results indicate that pedestrians choose roadways that are more closely associated with the combination of both features; level-of-service and route distance. The findings of this study lead a way to determine the types of facilities that pedestrians actually utilize. Improvement of slippery walkway conditions is also a major issue of winter road maintenance in cold regions. The influence of winter road conditions was investigated for the purpose of understanding the socio-economic benefits of the improvements of icy walkways in winter. Video cameras were used in the field surveys to capture the movements of pedestrians in winter. How pedestrians chose their routes was investigated by observing their movements. A questionnaire survey was also conducted to clarify the factors affecting pedestrian route choice behaviour. On the basis of the data from the field survey and questionnaire survey, this study has developed binary logit model, which can be used to predict the probability that a pedestrian select a route as a function of pedestrian delays at signalized intersections and the winter road surface conditions. Evaluating the effect of winter road surface conditions on pedestrian route choice behaviour can help road managers decide where to provide snow removal or how to improve slippery walkways.

Developing methodologies to determine the overall LOS of pedestrian walkways, and quantitative model developments for determining the influence of LOS and winter road conditions on pedestrian route choice behaviour are the major contributions of this dissertation. The results of this study would be useful to know what type of facilities and infrastructure programs should be improved to promote walking community. In addition to this, the results may serve to increase the amount of quantitative in-

formation available for pedestrians and pedestrian facilities and to contribute for prioritizing pedestrian improvement projects.

学位論文審査の要旨

主 査	助 教 授	萩 原 亨
副 査	教 授	加賀屋 誠 一
副 査	教 授	佐 藤 馨 一
副 査	教 授	鏡 味 洋 史
副 査	教 授	木 村 一 裕 (秋田大学工学資源学部)
副 査	助 教 授	橋 本 雄 一 (大学院文学研究科)

学 位 論 文 題 名

A Study on Level-Of-Service Analysis of Facilities Serving Pedestrians － Toward an Effective Improvement of Pedestrian Mobility －

(歩行者施設のサービスレベル分析に関する研究：

歩行者モビリティの効果的な改善に向けて)

近年、ライフスタイルの変化から歩行空間の拡充が望まれてきている。札幌市の都心交通計画にも歩行者などへの道路空間再配分が盛り込まれている。歩行者に対する施設整備を検討するとき、歩行者のサービスレベル把握が、きわめて重要なことである。自動車交通のサービスレベルは、混雑度や遅れなどによる指標を用いた評価手法が1960年代から提案され、利用されている。しかし、歩行者交通のサービスレベルは、地域差が大きく、自動車のサービスレベルのように数少ない指標を用いて同一な条件で論じることが難しい。すなわち、歩行者用施設のサービスレベルの把握には、多くの指標を取り込みかつ地域差を踏まえることが求められている。

本論文では、歩行者交通のための総合的なサービスレベルの算定手法の提案と総合的なサービスレベルを知ることの意義を実証している。これまで歩行者交通のサービスレベルは、自動車と同様に歩行者交通量や密度で論じられてきた。しかし、歩行者交通にとって重要な主観的な快適性の指標がサービスレベルに欠けている。客観的な交通量と主観的な快適性とが混在した総合的なサービスレベルが歩行者交通にとっては望ましい。そのため、本論文では利用者による評価を踏まえた複数要因を取り込んだ総合的なサービスレベルの決定方法を開発し検証している。具体的には、交差点部と歩道部に分けた2種類の総合的なサービスレベルを求めている。歩行者交通のネットワークにおける歩行者交通のサービスレベルの定量的な総合評価の両者に対応している点にも特徴がある。また、歩道ネットワークを形成している217箇所の歩道と211箇所の横断部の総合サービスレベルを調査し、GISを用いてデータベース化し、実際の歩行者の歩行経路別の総合的なサービスレベルを求めている。総合的なサービスレベルを用いたネットワーク計画の有効性を示し、総合的な

歩行者交通のサービスレベルを求めることの意義を実証的に示している。

本論文は、以下の 8 章から構成されている。

第 1 章においては、研究の背景・目的および構成と手順を述べている。また、第 2 章において、歩道のサービスレベル (LOS) について既存研究のレビューを行い、本論文の研究の位置づけを行っている。第 3 章では、コンジョイント分析を用いて歩行者から見た歩道の総合 LOS 評価を行った。歩道部については、歩道幅員構成・歩行のための障害物の数・歩行者交通量・自転車との混在率を要因とした。横断部については、待機する空間の広さ・横断のための施設充実度・右左折車の存在・遅れを要因とした。各要因の重要度は全体に均等であったが、歩道部では自転車との混在率が最も重要となり、交差点部では右左折車の存在が最も重要となった。コンジョイント分析を行うためのアンケートでは、従来からの文字情報ではなく選択する歩行場面をイラスト化した。コンジョイント分析の困難さの 1 つである選択枝の多さによる回答者の負担をかなり軽減することができるようになった。第 4 章では、実際の交差点の利用者に調査を行い、横断部の総合サービスレベル評価のためのモデルを重回帰分析から作成した。第 3 章の結果と同様に、右左折車の存在が最も重要となった。第 5 章では、実際の歩道の利用者に直接ヒアリングし、歩道の総合的なサービスレベルをヒアリングし、第 3 章の結果と比較した。その結果、両者の相関は高く、総合的なサービスレベル指標の作成が、どちらの手法でも可能であることを示した。第 3 章で行ったイラスト化によるアンケートの工夫による成果と考えることができる。

第 6 章では、北海道大学周辺の 217 箇所の歩道と 211 箇所の横断部の利用状況と幅員などを計測した。歩行者ネットワークを GIS 化し、調査した数値を GIS の歩道と横断部に与え、歩行経路による総合サービスレベルを算定できるようにした。次に、実際の歩行者に利用する経路を聞いた。どのような歩行者がどのような経路、すなわち総合的なサービスレベルを選択しているかを GIS 上で計測した。その結果、歩行者は短い区間では低サービスレベルのルートを選択しているが、歩行距離が長くなると高いサービスレベルの道を選択する傾向があることを示した。利用距離が短くても利用者の多い駅周辺のサービスレベルを高めることが全体のレベルを高めるために有効であり、ネットワークとして高いサービスレベルを提供する歩行経路を保障することも有効であることを指摘している。

第 7 章では、冬期における歩行者の経路選択行動に与える歩道の除雪レベルについて検討した。サービスレベルに交差点での信号待ち時間を入れ込み歩行行動を評価する手法を提案し、それを観測および模擬実験を通して実証した。その結果、除雪レベルが経路選択に与える影響は大きく、交差点で少し待っても良好な除雪レベルとなっている経路を選択することが分かった。第 8 章において、研究の成果と課題をまとめている。

これを要するに、著者は、歩行者交通の総合的なサービスレベル指標の算定方法を提案し、経路選択に与える影響を実証し、かつ GIS を用いた総合的なサービスレベル指標の具体的な利用方法を示しており、土木計画学、都市計画学および地域計画学において貢献するところ大なるものがある。

よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。