

(29) 点群座標データを用いた歩行空間ネットワークの整備に関する基礎的研究

A basic study on construction of pedestrian space network by using point cloud data

渡辺完弥¹・今井龍一²・田中成典³

Kanya WATANABE, Ryuichi IMAI and Shigenori TANAKA

抄録：高齢者や障がい者向けの経路検索サービスの基礎データとなる歩行空間ネットワークデータの整備が望まれている。しかしながら、データ整備は、段差などの計測に人手がかかるため進んでいない。一方、計測技術の進歩より、3D レーザスキャナなどを用いて多量かつ高精度の点群座標データを取得できる。点群座標データは、実空間の表面形状を克明に記録しており、道路や河川の構造物の3次元モデル作成や地図調製などの分野で蓄積され始めている。この点群座標データから歩行空間ネットワークデータを自動生成できれば、効率的なデータ整備に寄与できる。

本稿では、蓄積された点群座標データを用いて、効率的に歩行空間ネットワークデータを整備することを目指して、点群座標データと歩行空間ネットワークデータの仕様とを分析し、自動生成できる可能性のある項目を考察した。

キーワード：歩行空間ネットワーク、歩行者支援、点群座標データ、デジタル地図

Keywords : Pedestrian space network, Pedestrians support, Point Cloud data, Digital Map

1. まえがき

少子高齢化社会に対応するために、高齢者や障がい者をはじめ、誰もが積極的に活動できる都市交通の環境が求められている。しかしながら、すべての歩行空間をバリアフリー化するには、時間や費用がかかる。そこで、バリアフリー経路や施設情報を案内するなどのソフト的な対策により、都市交通を円滑化する取り組みが行われている¹⁾。国土交通省の自律移動支援プロジェクトでは、移動経路、交通手段や目的地などの情報に「いつでも、どこでも、だれでも」アクセスできるユビキタス環境の構築に取り組んでいる。また、実証実験を通じて情報提供の仕組みを検討し、「自律移動支援システムに関する技術仕様(案)」を公表している²⁾。

さらに、国土交通省では、バリア情報に着目した歩行空間ネットワークデータを整備し、広く一般に公開することで、バリアフリーマップの作成やバリアフリー経路検索および移動案内サービスの普及を目指している。2010年には、歩行空間のネットワークデータを均質かつ効率的に整備することを目的に、その整備内容やデータ構造を定めた仕様³⁾を公表している。

経路案内の市場では、PND (Portable Navigation Device) やスマートフォンなどの可搬式端末の爆発的な普及により、経路案内の範囲が車道だけでなく歩行、鉄道やバスなどに広がっている。歩行者の経路案内サ

ービスには、すでに階段や雨よけの有無を考慮した歩行者経路案内サービスや自転車の経路案内サービスが実現されている⁴⁾。しかし、高齢者や障がい者の交通行動の特性に配慮したきめ細かな経路検索サービスの普及には至っていない。このサービスを実現するには、例えば、歩道の段差や幅員、スロープの有無など、詳細な形状を計測する必要がある。したがって、歩行空間ネットワークデータの整備に伴う労力が実現を妨げている一因として挙げられる。

一方、計測技術の進歩により、3D レーザスキャナなどで1秒間に1万点程度の高精度な点群座標データを取得できる⁵⁾。点群座標データは、計測対象物の表面形状を点群で正確に表現でき、道路や河川の構造物の3次元モデルの作成や地図調製などの分野で蓄積され始めている⁶⁻⁷⁾。蓄積された点群座標データには、道路に付随する歩行空間も含まれる。この蓄積された高精度な点群座標データを用いて効率的に歩行空間ネットワークデータを作成できれば、データ整備の早期実現に寄与できる。

本研究の目的は、計測された点群座標データを用いて効率的に歩行空間ネットワークデータを整備する手法の確立とした。本稿は、その基礎的研究の第一報として、点群座標データと歩行空間ネットワークデータの仕様とを分析し、自動的に歩行空間ネットワークデータが生成できる可能性のある項目を考察する。

1：正会員 関西大学大学院総合情報学研究科

(〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1, Tel : 072-690-2151, E-mail : k211625@edu.kansai-u.ac.jp)

2：正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

3：正会員 工博 関西大学 学生センター副所長・教授 総合情報学部(〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)

2. 歩行空間ネットワークデータ整備の提案手法

(1) 提案手法の対象空間

歩行空間ネットワークデータは、屋内外に存在するが、本研究では、公共測量などで計測された点群座標データの活用を視野に入れ、まずは屋外の歩行空間を対象にすることとした。

(2) 提案手法で用いるデータの概要

a) 点群座標データ

点群座標データは、3D レーザスキャナの計測結果で、緯度、経度、高さの座標を持つ。昨今の測量技術では、座標に加えて、計測時に同時に取得したカメラ映像から、色情報の RGB 値を点に付加できる。また、昨今の公共測量では、3D レーザスキャナと高精度 GPS とを車に搭載したモバイルマッピングシステムを利用する機会が増えてきている。同システムで計測した点群座標データは、相対精度 0.01m (rms: 二乗平均値) 以内の精度を確保している⁸⁾。ここで、相対精度とは、地点間の平面距離と比高との差を指す。

b) デジタル地図

点群座標データは、点の集まりで地物を持たない。このため、歩行空間の抽出には、地物を持つデジタル地図を用いて補完することを考えた。本研究で用いるデジタル地図は、公的機関が整備を進めているデジュール標準に準拠した拡張 DM、基盤地図情報および道路基盤地図情報などとした。

(3) 作成する歩行空間ネットワークデータの仕様

本研究で作成する歩行空間ネットワークデータは、広く公表されている国土交通省の整備仕様³⁾に準拠することとした。歩行空間ネットワークデータは、歩行経路を示すリンクおよびリンクの結節点であるノードで構成される。リンクおよびノードには属性情報が付加され、リンクには詳細な経路情報が付加される。リンクは、歩道など 13 種類に分類されている。ノードは、リンクの結節点に加え、経路属性の変更点や公共施設などの出入り口に配置する。さらに、施設の案内サービスを実現するため、公共施設、病院、公共トイレ、指定避難所の施設情報をノードに関連づけられた出入り口情報に付加して格納する。また、歩行空間ネットワークデータは、ネットワークの幾何形状を保持していない。

(4) 歩行空間ネットワークデータの作成手順

提案手法は、段階的に開発を進める方針とし、3つのレベルを設けた(表-1 参照)。提案手法の最終目標は、レベル3のリンクとノードを自動認識して歩行空間ネットワークデータを作成することとした。この実現に向けて、レベル1ではリンクとノードの認識を手動で指定し、自動認識の可能性を分析する。レベル2ではノードとリンクをデジタル地図の地物を活用し

て認識する。なお、本稿は、レベル1の検討状況を報告するものである。

図-1に、レベル1の歩行空間ネットワークデータ作成手順を示す。レベル1の段階でも図に示す「b. ノードの属性情報を生成」、「d. リンクの属性情報を生成」、「f. リンクの経路情報を生成」などに、データを自動生成するアルゴリズムを実装することで、データ整備を効率化できる可能性がある。

図-2にリンクとノードの位置や範囲を指定する方法の概念を示す。図中の a, b は、図-1のアクションの a, b に対応する。点群座標データは、色情報を持つため XY 平面に投影した画面を手がかりにノードやリンクの位置や範囲を指定できる。カーブしている歩行空間ネットワークでは、効率的な入力方法として補完点を用いて折れ線を作成することで、リンクの範囲を指定する。

表-1 ノードとリンクの自動認識レベル

自動認識レベル	内容
レベル1	ノードとリンクを手入力して認識する。
レベル2	ノードとリンクをデジタル地図の地物を組み合わせて認識する。
レベル3	ノードとリンクを全自動で認識する。

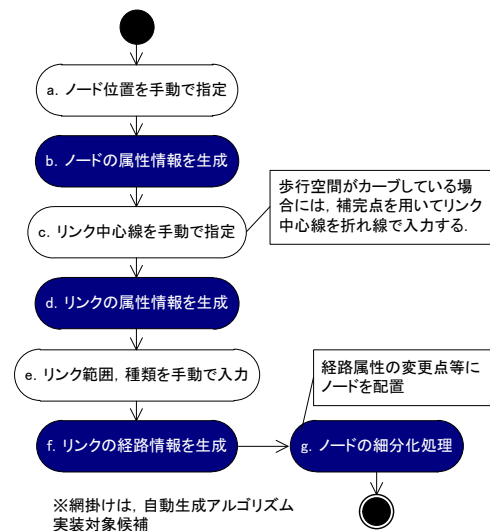


図-1 レベル1のデータ作成手順

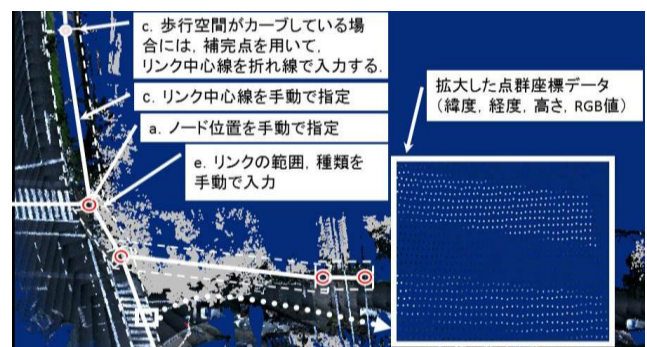


図-2 ノードとリンクの指定方法の概念

3. 自動生成できる可能性のあるデータ項目の分析

(1) 分析の方法

本研究では、点群座標データを用いて歩行空間ネットワークのノードやリンクの属性情報および経路情報の各項目を自動的に生成できる可能性があるかを分析した。図-1のデータ作成手順では、トイレの有無などの施設情報の生成は難しく、別手法を考案する必要がある。そこで、施設情報は、出入口情報とともに、当面はデータ整備の対象外とした。なお、今回用いた点群座標データは、仕様のすべてのリンクの種類を取得できていないため、取得できた範囲で確認した。

(2) 分析の結果

a) 生成可能なリンクの種類

表-2に生成できる可能性のあるリンクの種類の結果を示す。歩行者専用道路、園路を除いて、屋外の歩行空間のリンクが対象となる。歩行者専用道路、園路は、今回確認した点群座標データに、計測されておらず確認ができなかった。

b) リンクの属性情報の分析結果

表-3にリンクの属性情報の分析結果を示す。表に示すとおり、リンクの属性情報はすべての項目で自動的に生成できる可能性があることが明らかになった。なお、前述のとおり、経路の種類はレベル1で手動指定、レベル2以降では自動生成としている。

c) ノードの属性情報の分析結果

表-4にノードの属性情報の分析結果を示す。表に示すとおり、ノードの属性情報はすべての項目で自動的に生成できる可能性があることが明らかになった。経緯度は、例えばノード近傍点の座標から自動生成する方法などが考えられる。

d) 経路情報の分析結果

実際の点群座標データ（歩道）と経路情報のデータ項目との対応を図-3、歩道における経路情報のデータ項目の分析結果を表-5に示す。図表に示すとおり、点群座標データは歩行空間の表面形状を取得しており、

形状に関連するデータ項目と対応する。なお、表-5には、レベル2の実施に向けて、歩道の経路情報を抽出する際に、拡張DM、基盤地図情報および道路基盤地図情報が補完できる項目の候補も示している。また、表に示すとおり、「縦断勾配2」と「路面状況」を除き、形状に関連するデータ項目で自動生成できる可能

表-2 生成できる可能性のあるリンクの種類

リンクの種類	分類	生成の可否
歩道	道路・通路	対象
歩行者専用道路	道路・通路	確認できず
園路	道路・通路	確認できず
歩車共存道路	道路・通路	対象
横断歩道	道路・通路	対象
横断歩道の路面表示の無い交差点の道路	道路・通路	対象
動く歩道	道路・通路	対象外（屋内施設）
自由通路	道路・通路	対象外（屋内通路）
踏切	道路・通路	対象
エレベーター	昇降施設	対象外（屋内施設）
エスカレーター	昇降施設	対象外（屋内施設）
階段	昇降施設	屋外のみ対象
スロープ	昇降施設	屋外のみ対象

表-3 リンクの属性情報の分析結果

項目名	形式	生成の可否
リンク ID	文字列	○可能
起点ノード ID	文字列	○可能
終点ノード ID	文字列	○可能
経路の種類	コード	○可能（レベル1では手動で指定）

表-4 ノードの属性情報の分析結果

種別	項目名	形式	生成の可否
一般	ノード ID	文字列	○可能
	緯度経度桁数コード	コード	○可能
位置情報	緯度	文字列	○可能 (階層数：屋外は0)
	経度	文字列	
	高さ(階層数)	文字列	○可能
	接続リンク ID	文字列	

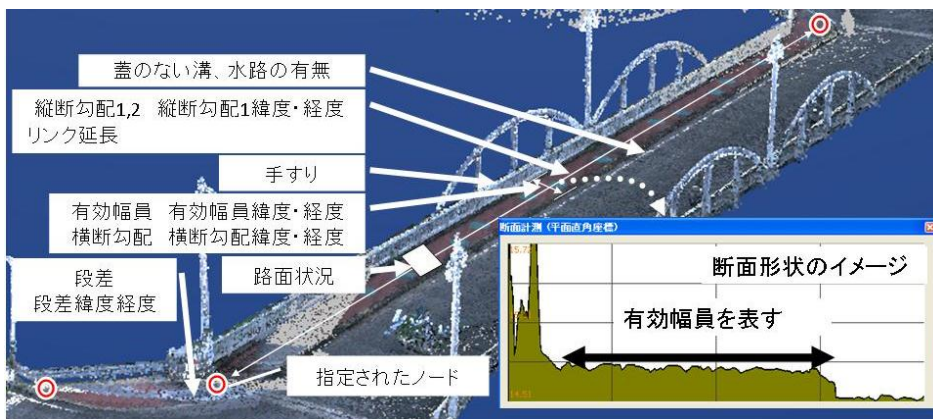


図-3 実際の点群座標データ（歩道）と経路情報のデータ項目との対応

表-5 歩道における経路情報の分析結果

項目名	形式	点群座標データ	道路基地図情報	拡張DM (1/2500)	基盤地図情報 (1/2500)
供用開始時間	文字列	×	×	×	×
供用終了時間	文字列	×	×	×	×
供用開始日	文字列	×	×	×	×
供用終了日	文字列	×	×	×	×
供用制限曜日	文字列	×	×	×	×
方向性	コード	×	×	×	×
通行制限	コード	×	×	×	×
有効幅員	コード	○	○	○	○
有効幅員緯度	文字列	○	○	○	○
有効幅員経度	文字列	○	○	○	○
縦断勾配 1	数値	○	×	×	×
縦断勾配 1 緯度	文字列	○	×	×	×
縦断勾配 1 経度	文字列	○	×	×	×
縦断勾配 2	コード	△	×	×	×
横断勾配	数値	○	×	×	×
横断勾配緯度	文字列	○	×	×	×
横断勾配経度	文字列	○	×	×	×
路面状況	コード	△	×	×	×
段差	コード	○	×	×	×
段差緯度	文字列	○	×	×	×
段差経度	文字列	○	×	×	×
最小階段段数	数値	—	×	×	×
最大階段段数	数値	—	×	×	×
手すり	コード	○	×	×	×
屋根の有無	コード	○	×	×	×
蓋のない溝、水路の有無	コード	○	×	×	×
バス停の有無	コード	○	×	×	×
バス停の緯度	文字列	○	×	×	×
バス停の経度	文字列	○	×	×	×
視覚障害者誘導用ブロック	コード	○	×	×	×
補助施設の設置状況	コード	×	×	×	×
補助施設の緯度	文字列	×	×	×	×
補助施設の経度	文字列	×	×	×	×
エレベーター種別	コード	—	×	×	×
エレベーターの緯度	文字列	—	×	×	×
エレベーターの経度	文字列	—	×	×	×
信号の有無	コード	—	×	×	×
信号の緯度	文字列	—	×	×	×
信号の経度	文字列	—	×	×	×
信号種別	コード	—	×	×	×
日交通量	数値	×	×	×	×
主な利用者	コード	×	×	×	×
通り名称または交差点名称	文字列	×	×	×	×
エスコートゾーン	コード	—	×	×	×
リンク延長	数値	○	○	○	○

凡例 ○：自動生成可，△：主観的評価を除き生成可，×：不可，
—：歩道の経路情報では取得の対象外

性のあることが明らかになった。「縦断勾配 2」と「路面状況」には、「通行に問題なし」など、主観的評価を含むコードを入力することとなっており、主観的要素を除いた判定基準を設けることで、自動生成可能な項目である。

今回の分析結果から、歩道の経路情報は、主観的評価を除き生成が可能な項目を含め、点群座標データから約 6 割 (22 項目 / 35 項目) の項目で自動生成できる可能性のあることが明らかになった。本稿では、歩道以外のリンクの種類の経路情報の分析結果を割愛するが、対象としたリンクの種類全体で主観的評価を除き生成が可能な項目を含め、点群座標データから約 6 割 (143 項目 / 237 項目) の項目が自動生成できる可能性のあることが明らかになった。

4. あとがき

本研究では、点群座標データやデジタル地図と歩行空間ネットワークデータの仕様とを分析し、効率的に歩行空間ネットワークデータを作成できる可能性のある項目を考察した。その結果、仕様で定められている項目のうち 6 割の項目を自動生成できる可能性があることが明らかになった。本研究の成果に基づき、歩行空間ネットワークデータの自動生成のアルゴリズムや作成プログラムを開発することで、データ整備の効率化に繋がると考えられる。

今後は、点群座標データから歩行空間ネットワークデータを自動生成するためのアルゴリズムの開発やアルゴリズムの有効性を検証する。

参考文献

- 1) 国土交通省：ICT を活用した歩行者移動支援システムの水平展開に向けた事例とノウハウについて，国土交通省，2011 年 5 月。
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所：自律移動支援システムに関する技術仕様 (案)，国総研資料第 532 号，2009 年 5 月。
- 3) 国土交通省：歩行空間ネットワークデータ整備仕様案，国土交通省，2010 年 9 月。
- 4) NAVITIME JAPAN：ナビタイム，
<<<http://www.navitime.co.jp/>>>，(入手 2011.7.28)。
- 5) 吉田光伸，瀧口純一，石原隆一，小崎真和：モービルマッピングシステムを用いた道路三次元情報の活用，三菱電機技報，Vol.83/No.5，pp.22 - 25，2009。
- 6) 小林一郎，宮下征士，藤田陽一，高尾篤志：立面点群データにおける車道空間の属性分析，情報利用技術論文集，Vol.19，pp.185-192，2010。
- 7) 田中成典，今井龍一，中村健二，川野浩平：点群座標データを用いた 3 次元モデルの生成に関する研究，情報利用技術論文集，Vol.19，pp.165-174，2010。
- 8) 三菱電機：三菱モービルマッピングシステム
<<<http://www.mitsubishielectric.co.jp/pas/mms/spec.html>>>，(入手 2011.7.28)。