

歩行者向け音声ナビゲーションのための IndoorGML 拡張データモデルの提案

飯田 啓量¹ 廣井 慧² 梶 克彦³ 河口 信夫²

概要: 我々は、歩行者向けナビゲーション手法の一つとして、ランドマークの視認性に基づく音声によるナビゲーションを提案してきた。この手法では、ユーザの位置から視認可能なランドマークを利用した音声ガイドを用い、音声のみでナビゲーションを行う。このようなシステムを汎用的に利用するためには、データモデルを標準化する必要がある。我々は、OpenStreetMap を参考にしたデータモデルを用いて音声ナビゲーションシステムの基盤を構築してきた。この基盤のデータモデルを IndoorGML に拡張し、データモデルの標準化を考える。まず、この基盤システムを用いて、名古屋駅地下街における歩行者向け音声ナビゲーションの実証実験を行った。実証実験から得られた結果を考察し、音声ナビゲーションに必要なランドマーク利用に関する情報について再検討する。その後、現在標準化されている IndoorGML1.0 に、視認可能空間とランドマーク空間を追加定義し、歩行者向け音声ナビゲーションのためのデータモデルを提案する。

A Proposal of IndoorGML Extended Data Model for Pedestrian Voice Navigation

HIROKAZU IIDA¹ KEI HIROI² KATSUHIKO KAJI³ NOBUO KAWAGUCHI²

1. はじめに

スマートフォンの普及に伴って、歩行者向けナビゲーションが広がっている。我々は、歩行者向けナビゲーション手法の一つとして、ランドマークの視認性に基づく音声によるナビゲーションを提案してきた [1]。この手法では、ユーザの位置から視認可能なランドマーク (店舗や看板などの案内をする際に目印となるオブジェクト) を利用した音声ガイドを用い、音声のみでナビゲーションを行う。そのため、ユーザはディスプレイに表示された地図や案内を確認する必要がなく、周囲に目を向けながら移動できる。このナビゲーションにおいて、ユーザの目印となるランドマークの情報は重要な要素である。

IndoorGML[2] は OGC(Open Geospatial Consortium)

によって標準化されている屋内空間利用のためのデータモデルであり、GML[3] のアプリケーションスキーマのひとつである。他の屋内空間を扱うデータモデル (CityGML[4], KML[5], IFC[6] など) に比べ、IndoorGML では、ナビゲーションのための屋内空間モデリングを主要な目的としている。しかし、ランドマーク利用のための情報は十分ではなく、既存の形式では音声ナビゲーションに利用できない。

歩行者向け音声ナビゲーションを汎用的に利用するためには、データモデルを標準化する必要がある。こうすることで、開発者は、独自にデータモデルを定義する必要がなくなり、標準データモデルによるデータセットを用いて、様々な音声ナビゲーションが可能になる。

我々は、OSM(OpenStreetMap)[7] を参考にしたデータモデルを用いて音声ナビゲーションシステムの基盤を構築してきた。このシステムを用いれば、「左手に見える赤い自動販売機のある T 字路を右に曲がってください。その後、エレベータの方に進んでください」といった案内文を生成し、音声ナビゲーションを行うことができる。この基

¹ 名古屋大学大学院工学研究科
Nagoya University, Graduate School of Engineering
² 名古屋大学未来社会創造機構
Nagoya University, Institute of Innovation for Future Society
³ 愛知工業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

盤のデータモデルを IndoorGML に拡張し、データモデルの標準化を考える。まず、この基盤を用いて名古屋駅地下街における実証実験を行い、同一のランドマークに対し、固有名詞や普通名詞を用いた表現をし、ランドマークの表現方法がユーザに与える影響について調査した。この結果を考慮し、ランドマーク利用のための情報について再検討する。そして、歩行者向け音声ナビゲーションのための標準データモデルとして、IndoorGML1.0 に視認可能空間やランドマーク空間を追加定義し、IndoorGML 拡張データモデルの提案を行う。我々は、OGC に継続的に参加しており、提案データモデルのサンプルの提案も行った [8]。

2. 既存のランドマークを用いたナビゲーションと標準データモデル

2.1 ランドマークを用いた歩行者向けナビゲーション

藤井ら [9] や新田ら [10] はランドマークを利用した歩行者向けナビゲーションの研究を行ってきた。藤井らは、建物や公園といった地図上の図形である空間オブジェクトを対象とした構造化モデルを用いてナビゲーションを行った。しかし、地図情報として獲得されている情報を利用し、ユーザのランドマーク認知の助けとなる外観、看板、高さなどの情報を利用していなかったため、ユーザがランドマークを探すことが困難となっていた。

新田らは屋内測位インフラが充分でない地下街などの屋内でユーザが安心して進める実用性の高い歩行者ナビゲーションの実現を目的として、システムとユーザがランドマークの視認性確認の対話を行って現在地を推測する対話型歩行者ナビゲーションを提案した。ディスプレイ上に、ユーザから視認可能なランドマークを利用した地図や案内文を表示し、ナビゲーションを行うことで、ユーザの安心感を向上させることができた。しかし、ユーザは端末のディスプレイを確認する必要があるため、周囲への注意が散漫になり、事故の危険性がある。

2.2 ランドマークの視認性に基づく歩行者向け音声ナビゲーション

我々は、地図の確認を必要とせず安心して利用できる歩行者向け音声ナビゲーションについて研究を行ってきた [1]。音声のみを用いてナビゲーションを行うため、ユーザはディスプレイに表示された案内を確認する必要がなく、周囲に目を向けながら安全に移動できる。この際、ユーザから視認可能なランドマークから最も視認性の高いランドマークを案内に用いることで、よりわかりやすいナビゲーションを実現する。

2.3 標準データモデル

データモデルを独自に定義し、システムを設計した場合、作成したデータセットはそのシステムでしか扱うことはで

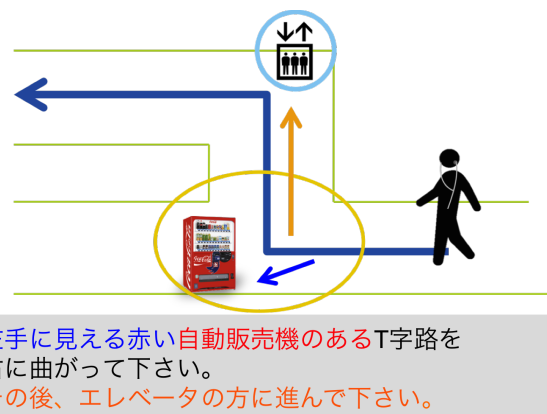


図 1 ランドマークを用いた音声案内 [1]

きない。そのため、同じ地形で異なるナビゲーションシステムを利用する場合、それぞれのナビゲーションシステムが独自にデータセットを作成する必要がある。各システムが標準データモデルを利用できる設計をすることで、同じデータセットを用いて様々なシステムを運用できるようになる。また、データに変更があった場合、共通のデータセットのみの更新ですべてのシステムにおいて最新版のデータが利用可能になる。標準化され、世の中で広く使われているデータモデルに、HTML[11] や GML[3] などがある。

2.4 IndoorGML

IndoorGML は、屋内空間利用のためのデータモデルであり、Core Module と Indoor Navigation Module の 2 つから構成されている。また、他の標準化データモデルとの調和を取るために、XML 形式で記述される。IndoorGML では、屋内空間を、セル空間の集合として定義する Cellular Model の概念に基づき表現する。さらに、Node-Relation Graph[12] の概念によって、セル空間同士の地理的なつながりのようなトポロジカルな関係を表現する。Core Module は、セル空間 (CellSpace) とその境界 (CellSpaceBoundary) などの基本的な構想や構造を定義している。また、Indoor Navigation Module は Core Module のデータ構造に基づき、ナビゲーションの主要なデータ構造として、CellSpace を部屋や廊下などの NavigableSpace と、壁や立ち入り禁止区域などの NonNavigableSpace に分類し、セマンティクスを定義している。また、各空間の接続方法や歩行空間ネットワークなどのトポロジも定義している。さらに、MultiLayeredGraph 表現を用いることで、ナビゲーション可能な空間レイヤや測位デバイスの配置レイヤなどの異なる意味を持つ SpaceLayer を別々に表現し、定義できる (図 2)。

2.5 IndoorGML の問題

歩行者向け音声ナビゲーションでは、看板や店舗、階段などのユーザの位置から視認可能なランドマークを手掛

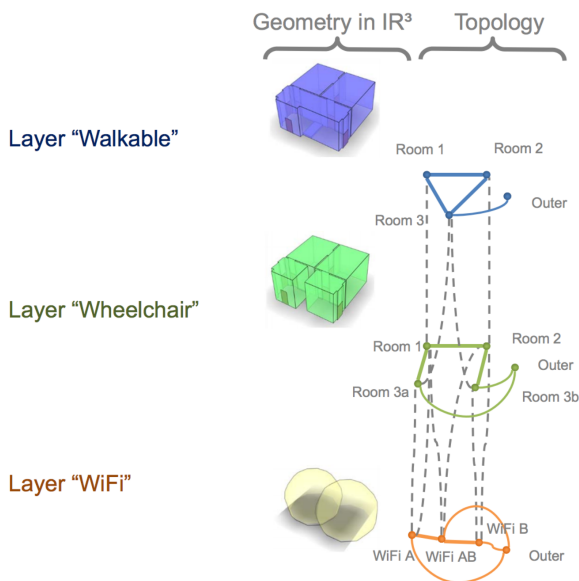


図 2 MultiLayeredGraph 表現 [2]

かりにナビゲーションを行う。システムは、ユーザが視認可能なランドマークを検出し、その特徴を音声のみでユーザに伝達しなければならない。そのため、視認可能性を求めための空間構造や、視認性の高いランドマークを選択するための詳細なランドマーク情報が必要となる。また、ユーザに音声のみでわかりやすくランドマークを伝えるためのランドマーク情報も必要である。しかし、既存の IndoorGML1.0 には視認可能なランドマークを検出するための空間構造やランドマーク情報が定義されていないため、このままでは歩行者向け音声ナビゲーションに利用できない。

3. OSM ベースデータモデルによる歩行者向け音声ナビゲーションの設計

我々は、これまで、OSM ベースのデータモデルを用いて歩行者向け音声ナビゲーションシステムを設計してきた。本章ではこのシステムのシステム構成および、データモデルについて述べる。

3.1 システム構成

図 3 にシステムの構成図を示す。まず、ユーザは周辺のランドマーク情報と目的地をシステムに入力する。システムは受け取った情報から所有しているデータベースの建物情報をもとにナビゲーション経路を生成し、分岐点や階段のエリアなどの案内文発話地点を決定する。その後、各案内分発話地点において、視認可能なランドマークのうち最も視認性の高いランドマークを選択し、案内文を生成する。ナビゲーション中は、位置情報を受け取り、ユーザが案内文発話地点に到達した場合、次の案内文発話地点への案内文を流すことで、ユーザを目的地へと導く。

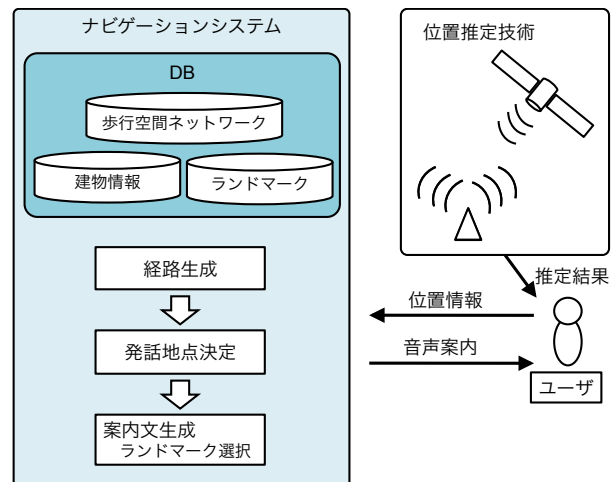


図 3 システム構成図

このシステムを実装する上で次のような情報が必要だと考えられる。

- 空間構造
 - 空間の構造や地形などの情報を表す建物情報
 - 歩行可能なパスを表す歩行空間ネットワーク
- ランドマーク利用のための情報
 - ランドマークの視認性判定のための情報
 - 音声表現のための情報

3.2 OSM ベースデータモデルの構成

3.1 節で述べたデータ構造を表現するために、OSM (OpenStreetMap) を参考にしたデータモデルを定義した。次のような 3 つの基本構造から成り立っている。それぞれの構造にタグを持たせることで、建物構造や歩行空間ネットワーク、階段、ランドマークなどのセマンティクスを定義する。

Node クラス

オブジェクトを形成する座標を表す。

Way クラス

複数の Node のつながりを表す。

Relation クラス

空間内に存在するデータのまとまりを表す。

ランドマークにはさらに表 1 の様なタグを持たせることで、詳細な情報を定義する。

表 1 ランドマーク情報タグ

Key	Value 例	説明
amenity	toilets,atm	施設の種類の
shop	clothes,shoes	店舗のジャンル
height	ceiling,eye level	高さの表現
color	red,blue	色の表現
destination	"出口 1,2 番"	案内板に書いてある文字
pronunciation	"ダイアナ"	固有名詞による発話表現

4. 名古屋駅地下街における実証実験

ランドマークの表現方法がユーザに与える影響を調べるために名古屋駅地下街において、歩行者向け音声ナビゲーションの実証実験を行った。名古屋駅地下街の特徴として、店舗の多くが女性物のファッションに関する店舗であった。なお、本実験は次世代の屋内位置情報サービスの研究開発をするスマートステーションなごや [13] の一環として行った。

4.1 実験概要

名古屋駅地下街において、店舗や看板をランドマークとしたデータセットを作成した。図4にランドマーク情報の例を示す。それぞれのランドマークには、pronunciationタグとして、固有名詞による表現情報が定義されている。また、店舗ランドマークはshopタグによって、ジャンルを定義し、普通名詞による表現を生成する。看板ランドマークには、heightタグによって設置されている高さを定義し、「頭上に見える看板」のような、ランドマークの見える位置を用いた案内文を生成可能にする。ユニモール、サンロード付近において、「左手にダイアナエスエルショップの見える分岐点に出たら右折してください。少し進むと右手にアモスタイルの見える分岐点が見えます。」といった案内文を自動生成し、ナビゲーションを行った。この際、視認可能なランドマークが複数存在した場合、最も進行方向の角度に近いランドマークを案内文に用いた。Pedestrian Dead ReckoningにWi-Fi電波強度や残留磁気を組み合わせた位置推定モジュールを組み込み、適切な地点で案内文が自動再生されるようにした。位置推定が正常に動作しない場合も考慮し、案内文が自動で再生されない場合は、イヤホンに付属しているボタンを押すことで、案内文が再生されるようにした。

案内文のランドマークを固有名詞と普通名詞により表現した(表2)。10から20代の男性9名、女性1名に対して、あらかじめ設定した4経路のうち2経路ずつ固有名詞、普通名詞によるランドマーク表現を用いた案内文によるナビゲーションを行った。図5に案内経路と案内文例を示す。その後、案内文のわかりやすさについて自由回答式でアンケートを行った。

表2 ランドマーク表現

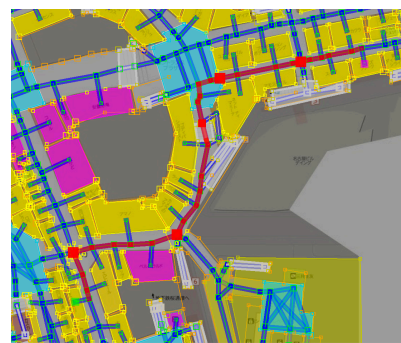
固有名詞	普通名詞
シュッドエスト	服屋さん
ダイアナエスエルショップ	靴屋さん
近鉄、名鉄と書かれた構内案内板	看板

4.2 考察

実験の結果、全体の約8割の人が目的地に辿り着くこと



図4 ランドマーク情報



固有名詞使用

- ・出発です。フロアショップボディードレッシングの見える方向に進んでください。少し進むと分岐点が見えます。
- ・分岐点に出たら直進してください。少し進むと右手にユニバーバルミュージムの見える広間が見えます。
- ・右手にユニバーバルミュージムの見える広間に出たら、左折してください。少し進むと階段が見えます。
- ・階段についたら、階段を進んでください。少し進むと左手頭上にミッドランドと書いてある看板の見える分岐点が見えます。
- ・左手頭上にミッドランドと書いてある看板の見える分岐点出たら右折してください。少し進むと前方頭上に近鉄、名鉄と書いてある構内案内板の見える分岐点が見えます。
- ・前方頭上に近鉄、名鉄と書いてある構内案内板の見える分岐点に出たら左折してください。少し進むと目的地周辺につきます。
- ・目的地周辺です。案内を終了します。

普通名詞使用

- ・出発です。服屋さんの見える方向に進んでください。少し進むと分岐点が見えます。
- ・分岐点に出たら直進してください。少し進むと右手に服屋さんの見える広間が見えます。
- ・右手に服屋さんの見える広間に出たら、左折してください。少し進むと階段が見えます。
- ・階段についたら、階段を進んでください。少し進むと左手ズジョウに看板の見える分岐点が見えます。
- ・左手ズジョウに看板の見える分岐点に出たら右折してください。少し進むと前方ズジョウに看板の見える分岐点が見えます。
- ・前方ズジョウに看板の見える分岐点に出たら左折してください。少し進むと目的地周辺につきます。
- ・目的地周辺です。案内を終了します。

図5 案内文例

ができた。辿りつけなかった理由として、位置推定が正常に動作せず、イヤホンに付属しているボタンも押さなかつ

たため、案内文が再生されず、移動方向がわからなくなってしまうケースがあった。また、ランドマークを普通名詞で表現した際に、周囲の類似のランドマークと勘違いし、道を間違えてしまうケースがあった。

案内文のわかりやすさに対するアンケートの結果、普通名詞における案内において、実際には下着を売っているお店を「服屋さん」と表現したためランドマークとして認識しづらかったという意見があった。また、服と靴の両方を取り扱っている店舗など、ひとことに普通名詞では表現できない店舗も多数存在した。固有名詞による表現では、「プロポーションボディードレッシング」のように店舗名が長い場合に、煩わしいといった意見や、聞き取りづらいといった意見があった。また、店舗名の読みが「シュクレソル」の店舗において看板が図6のように出ており、看板の文字が読みにくく、読み方も特殊であったため、認知しづらいという意見があった。

以上のことから、普通名詞による表現は、周囲に類似のランドマークが存在する場合や、普通名詞による表現に対してもイメージと実際の外見とが異なる場合に視認しづらいことがわかった。また、固有名詞による表現は、店舗名が長い場合に煩わしさを感じたり、店舗の看板に書かれている情報と実際の読み方が一致しづらい場合に視認しづらいことがわかった。また、今回は、ユーザから視認可能なランドマークのうち最も進行方向に近いランドマークを用いてナビゲーションを行ったが、よりわかりやすいナビゲーションを実現するためには、視認可能なランドマークの中から最も視認性の高いランドマークを選択する必要がある。



図 6 シュクレソルの看板

5. IndoorGML 拡張データモデル

歩行者向け音声ナビゲーションを汎用的に利用するためには、データモデルを標準化する必要がある。3.1節で述べたシステムを構成する上で、必要な情報のうち、空間構造はIndoorGML1.0で表現可能だが、ランドマーク利用のための情報については、定義されていない。本章では、まず、実証実験の結果を踏まえ、ランドマーク利用のための

情報について整理する。そして、国際標準化されているIndoorGML1.0にランドマーク利用のため情報を付与し、IndoorGML 拡張データモデルの提案をする。

5.1 ランドマーク利用のための情報の整理

歩行者向け音声ナビゲーションにおいて、ランドマークを利用するには次のような過程がある。(1) ユーザから視認可能なランドマークの検出 (2) 最も視認性の高いランドマークの選択 (3) 視認しやすいランドマーク表現の生成。

まず、ユーザから視認可能なランドマークを検出するための情報について述べる。ガラスの壁や吹き抜けのある空間などの物理的に移動不可能な境界をはさんで視認可能なオブジェクトもランドマークとして利用できる。そのため、視認可能な空間のつながりを示すSpaceLayer(視認可能空間)を定義する。視認可能空間上のオブジェクトは同じ視認可能空間上のある地点から視認可能である。また、周囲の照明設備の影響で視認できなくなる看板や、営業時間外でシャッターが閉まっている店舗など、ランドマークが利用できる時間帯を考慮する必要がある。

安心して利用できるナビゲーションを行うには、ユーザから視認可能なランドマークのうち最も視認性の高いランドマークを選択し、それをユーザにわかりやすく提示する必要がある。視認性の高いランドマークを選択するためには、ランドマークのジャンルや色、書いてある文字や文字の色、設置されている位置や大きさなどの情報を考慮する必要がある。また、実証実験の結果からもわかるように、ランドマークをどのように表現するかも重要な要素である。これらの情報は、周辺的环境や、ユーザとランドマークとの位置関係、ユーザのプロファイル情報に影響を受ける。

5.2 詳細なランドマーク情報の定義

ランドマークには様々な種類があり、種類によって、外見の特徴は異なる。実証実験では、店舗や看板をランドマークとして用いたが、様々な建物構造に適用するには、他に自動販売機やATMなどの設備や、アートなどもランドマークとして利用できる。また、階段やエレベータ、十字路などの特徴的な地形もランドマークになりうる。ランドマークを表3のようなカテゴリに分類する。

表 3 ランドマーク表現

カテゴリ	例
facility	服屋, 喫茶店
sign	案内板, 広告板
equipment	自動販売機, ATM
art	アート, 像
topography	階段, 十字路

複雑なランドマーク情報を定義するためには、ランドマークのカテゴリごとに特徴を定義する必要がある。実証

実験の結果を考慮し、FacilityCategory と SignCategory のデータ構造をそれぞれ図 7, 8 のように定義する。

FacilityCategory は服屋や喫茶店などの施設を表現するランドマークカテゴリである。ジャンルや固有名詞といった要素に加え、商品の情報や、施設の看板の情報を定義する。施設の看板の情報の中には、さらに文字や色、形状などの詳細な情報も定義可能である。

SignCategory は案内板や広告板などを表現するランドマークカテゴリである。色や形状の他に、案内情報を定義する。案内情報には施設や出口の名称とその方向の情報を定義する。これらの情報は Phan ら [14] の報告にもあるようにランドマークとして有用である。

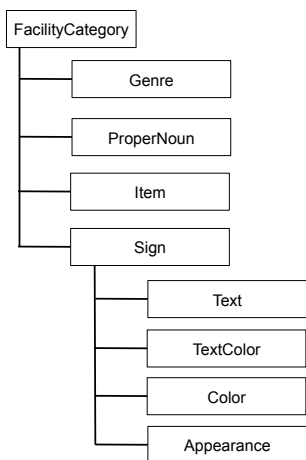


図 7 FacilityCategory のデータ構造

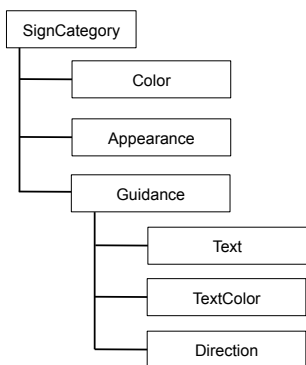


図 8 SignCategory のデータ構造

5.3 IndoorGML 拡張データモデル構成

IndoorGML1.0 において、基本的な建物構造を PrimalSpaceFeatures として定義する。また、MultiLayeredGraph 表現により、歩行空間ネットワークや位置推定のためのセンサ情報を SpaceLayer として定義する。これらに加えて、歩行者向け音声ナビゲーションのための情報として、視認可能空間 (VisibleSpaceLayer) とランドマーク空間 (LandmarkSpaceLayer) を SpaceLayer として定義する。

その構造を図 9 に示す。

LandmarkSpaceLayer の中に Landmark を定義する。各 Landmark には、BasicLandmarkInfo として利用可能時間といった共通の基本的な情報を定義する。また、5.2 節で述べたような、より詳細なランドマーク情報も LandmarkCategory で定義可能である。VisibleSpaceLayer と LandmarkSpaceLayer を用いて、ユーザから視認可能なランドマークを検出可能である。また、視認性の高いランドマークの選択やランドマーク表現の生成には、Landmark 内の情報を用いることができる。

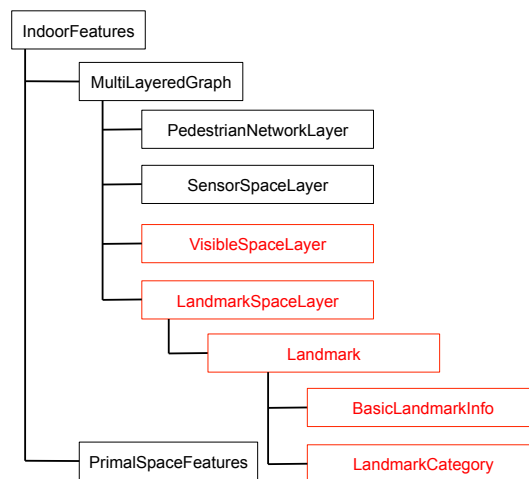


図 9 VNML のデータ構造

5.4 OSM ベースデータモデルから提案データモデルへの変換

名古屋駅地下街における実証実験で用いた OSM ベースデータモデルによるデータセットを提案データモデル形式に一部変換した。変換後のデータ例を図 10 に示す。OSM ベースデータモデルに付与してあるタグ情報から、建物構造や歩行空間ネットワークをに関するタグを抽出し、変換した。また、施設のランドマーク情報についてもジャンルや固有名詞などの変換可能なタグ情報は抽出し、変換した。しかし、空間構造を CellSpace に分割し、ナビゲーションとしてのセマンティクスを持たせるには至っていない。

6. おわりに

本稿では、歩行者向け音声ナビゲーションのための標準データモデルを定義するために、現在、標準化されている屋内空間利用のためのデータモデルである IndoorGML1.0 の拡張データモデルを提案した。まず、OSM ベースデータモデルによる歩行者向け音声ナビゲーションを実装し、名古屋駅地下街における実証実験を行った。その後、歩行者向け音声ナビゲーションにおけるランドマーク利用のための情報の整理を行い、IndoorGML1.0 に視認可能空間とランドマーク空間の SpaceLayer を新たに定義し、歩行者



図 10 IndoorGML 拡張データモデルによる名古屋駅地下街マップ

向け音声ナビゲーションのためのデータモデルの提案を行った。

今後、より多くのランドマークを利用するために、FacilityCategory と SignCategory 以外のランドマークカテゴリの詳細なランドマーク情報を定義する必要がある。また、歩行者向け音声ナビゲーションを実際に世の中に広めて利用するためには、提案データモデルによるデータセットを作成するツールを作成したり、提案データモデルを用いたシステムを構築する必要がある。

7. 謝辞

本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) 132306007 の助成をうけて実施された。

参考文献

- [1] Shota Watanabe, Katsuhiko Kaji, and Nobuo Kawaguchi. A Proposal of Landmark-conscious Voice Navigation. pp. 56–61, 2012.
- [2] IndoorGML. <http://docs.opengeospatial.org/is/14-005r3/14-005r3.html>. Online: accessed 15-May-2015.
- [3] GML. <http://www.ogcnetwork.net/gml>. Online: accessed 15-May-2015.
- [4] CityGML. <http://www.citygml.org/>. Online: accessed 15-May-2015.
- [5] KML. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27811&passcode=hte3re859m8k18vqp4j8. Online: accessed 15-May-2015.
- [6] IFC. http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/corp_ext_content/ifc_external_corporate_site/about+ifc. Online: accessed 15-May-2015.
- [7] OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org>. Online: accessed 15-May-2015.
- [8] Nobuo Kawaguchi. Voice Navigation Extension for IndoorGML and its Use-case. *OGC Technical Committee, IndoorGML SWG*, No. 94th, 2015.
- [9] 藤井憲作, 杉山和弘. 歩行者ナビゲーション支援のための場所案内文生成手法. *電子情報通信学会論文誌*, Vol. J82-D-, No. 11, pp. 2026–2034, 1999.
- [10] 新田知之, 宮崎和哉, 吉見駿, 田端亮介, 新井イスマイル,

安積 卓也 西尾信彦. 視認性確認対話ベースの地下街ナビゲーションシステム. *情報処理学会 インタラクション*, Vol. 2EBX-27, pp. 448–455, 2013.

- [11] HTML5. <http://www.w3.org/TR/html/>. Online: accessed 15-May-2015.
- [12] Jiyeong Lee. A Spatial Access-oriented Implementation of a 3-D GIS Topological Data Model for Urban Entities. *GeoInformatica*, Vol. 8, No. 3, pp. 237–264, 2004.
- [13] 河口信夫, 坂涼司, 一円真治, 飯田啓量, 山川健司, 廣井慧, 梶克彦. スマートステーションなごや: 次世代屋内位置情報サービスの研究開発. *情報処理学会研究報告*, Vol. 2015-UBI-46, No. 4, 2015.
- [14] Phan Duy Phuoc, 宮島智大, 枇榔晃裕, 安積 卓也 西尾信彦. 広場通過を考慮した屋内ナビゲーションの手法検討. *情報処理学会研究報告*, Vol. 2013-UBI-38, No. 56, pp. 1–6, 2013.