

# 健常者をセンサノードとして用いたバリア検出手法に向けて

宮田 章裕 荒木 伊織 王 統順 鈴木 天詩

日本大学 文理学部 情報科学科

Toward a Method of Barrier Detection using an Unimpaired Person as a Sensor Node

Akihiro Miyata Iori Araki Tongshun Wang Tenshi Suzuki

Department of Information Science, College of Humanities and Sciences, Nihon University

## 1. はじめに

屋内外を観察すると、車椅子利用者が自力では出入りできないような開き戸しかないオフィスや、段差を越えないと入店できない飲食店が街中に溢れており、現在の日本の道路・通路は障害者にとって移動しやすいものではないことに気付く。これらの円滑な移動を妨げるもの（以降、バリア）の存在を把握することは、障害者の移動計画を助けるだけでなく、道路・施設管理者への改善を促せるという観点からも、有益である。この問題意識は多くの研究者に共通するところであり、例えば、車椅子に装着したセンサデータを分析することで、路上のバリアを検出しようとする事例がある。しかし、車椅子利用者の数は健常者と比べると少ないため、広域におけるバリア情報の収集が困難である。

そこで、本研究では、より広域のバリア情報を収集することを目的とし、健常者歩行時のセンサデータから障害者に対するバリアの存在を推定する方式を検討する。また、各技術分野で導入が進んでいる Deep Learning についても、バリア検出に適用可能であるか検証する。

## 2. 関連研究

路上バリア検出に関する研究事例として、加速度センサなどを装着した車椅子が移動する際に生じるセンサデータから、歩道上のバリア情報を発見するものがある。例えば、[1]は加速度データを SVM で分析することで段差・傾斜の有無を推定している。[2]はアルゴリズムの詳細を明らかにしていないが、加速度変化から路面の凹凸を検出するアプリケーションの開発を目指すとしている。[3]は車椅子の移動の様子がユーザごとに異なることに着目し、ユーザごとに適切なモデルを選択した上で加速度データを Deep Learning で分析することで、段差・傾斜に加え、引き返しが生じる場所などの検出にも挑戦している。

一方、歩行者が装着した装置で計測したセンサデータから、路面状態を推定してバリア情報を発見する試みが現れ始めている。[4]は靴に固定した加速度センサで計測したデータから抽出した特徴量を、ルールベースで分析することで、路面が平坦か凹凸かを推定している。[5]はセンサデータの特徴量を分析する SVM の識別器を作成し、ユーザが歩いている路面が平坦か、階段か、坂か判定する試みを行なっている。

## 3. 研究課題

2章で紹介した車椅子利用者の移動時に発生するセンサデータを分析するアプローチは、一定精度でバリアを検出できる。しかし、車椅子利用者の数は健常者と比べると少ないため、広域におけるバリア情報の収集が困難

である。一方、同じく2章で紹介した健常者の歩行時に発生するセンサデータを分析するアプローチであれば、健常者の人数は相対的に多いため、より広域のバリア情報を収集できる。ところが、我々が調査した限りでは、石畳、緩い坂、1段の段差、押し引きする開き戸といった、健常者の移動はほとんど妨げないが障害者の移動は妨げる対象の存在も推定できるのかどうかは、明らかではない。

そこで、本研究では、バリアを"円滑な移動を妨げるもの"と定義した上で、健常者歩行時のセンサデータから障害者に対するバリアの存在を推定する技術の確立を研究課題に設定する。

## 4. 研究方針

### 4.1. 推定対象のバリア

障害者に対するバリアとして自明なものに、階段と坂があり、当然これらは推定対象とする。階段に類するものとして、図1のような1段の段差がある。このような段差を超える際、健常者の歩行の様子はほとんど変化しないようにも思われる。このため、果たしてセンサデータから1段の段差が推定できるかどうか、検証する価値はあると言える。坂についても、車椅子利用者でも通行可能な緩い坂（勾配3度程度）と、健常者でも自転車では上るのは難しいような急坂（勾配10度程度）に詳細化して検証する。



図1. 一段の段差



図2. 石畳

また、市街地を観察すると、平地であっても、障害者にとってのバリアが存在することに気付く。たとえば図2のような石畳は、車椅子で通行すると路面の凹凸による振動が大きく不快であるし、松葉杖の接地が不安定になることもある。あるいは、人混みもバリアになりうる。車椅子や松葉杖で移動する際は、ある程度のスペースが必要になるし、多くの人が周囲で不規則に動く状況にスムーズに対応することは難しい。

ドアも開き方によってはバリアになりうる。自動ドアや横方向に開く引き戸であれば、上手く開閉できる障害者は少なくない。しかし、引き開ける／押し開けるタイプの開き戸は、車椅子や松葉杖を操りながら開けること

は容易ではない。

以上より、本稿で推定対象とするバリアは、階段、1段の段差、緩い坂（勾配 3 度程度）、急な坂（勾配 10 度程度）、石畳、人混み、開き戸とする。

#### 4.2. 特徴量を手動設計する方式

歩行時に生じる加速度センサデータからバリア情報を検出する方法として、人手で設計した特徴量（Hand-crafted Features, 以降 HCF）を機械学習するアプローチが数多く提案されてきた。本研究もこの方式（以降 HCF 方式）を利用する。具体的には、既存研究事例の多くで利用している下記特徴量を機械学習する。特徴量の先頭の記号は、TD（Time Domain）/FD（Frequency Domain）種別と次元数を示しており、合計 33 次元の特徴量となる。

[TD, 3] **平均値**：推定対象期間における各軸（x, y, z）の加速度値の平均値。

[TD, 3] **標準偏差**：推定対象期間における各軸（x, y, z）の加速度値の標準偏差。

[TD, 3] **相関係数**：推定対象期間における各軸間（x-y, y-z, z-x）の加速度値の相関係数。

[FD, 24] **スペクトル強度**：推定対象期間における各軸（x, y, z）の加速度値をフーリエ変換して得られる各周波数帯（0~10Hz を 1.25Hz ずつ等分した 8 周波数帯）の平均スペクトル強度。

#### 4.3. 特徴量を自動設計する方式

2010 年前後から、画像処理、自然言語処理などの各技術分野において、Deep Learning（深層学習、特徴表現学習）による機械学習の性能が、HCF 方式のそれを凌駕する事例が数多く報告されてきた。そこで、本研究においても、Deep Learning の利用を検討する。具体的には、汎用的な特徴量抽出に利用可能な Denoising Autoencoder（以降 DAE）を用いた機械学習を行うこととし、以降これを DAE 方式と称する。加速度センサデータは x, y, z の直交する 3 次元データであるため、図 3 のような入力層が 3 要素に分離したネットワークを構築する。これは教師あり学習（Fine-tuning）を行う際に用いる特徴量を自動抽出するために教師なし学習（Pre-training）を行うネットワークである。なお、図中の各層に記載した数字は検証実験実施時の次元数であり、詳細は 5 章で述べる。

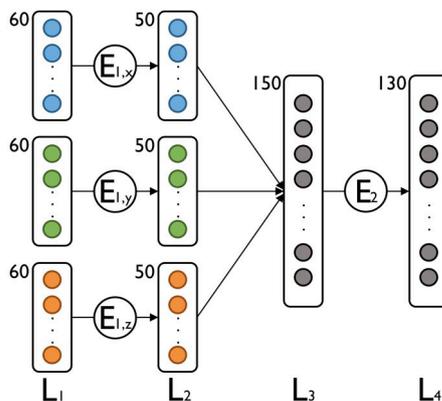


図 3. DAE 方式のネットワーク構造

## 5. 検証実験

本実験の目的は、HCF 方式・DAE 方式がどの程度の精度でバリアの存在を推定できるのか測定し、適切な推定方式の選択や、推定方式の改善方針の検討材料を得ることである。

現在、4.1 節で推定対象としたバリアに関して、歩行時の加速度データを収集し、HCF 方式・DAE 方式でバリア検出を行った際の精度測定実験を行っている最中である。中間結果としては、両方式とも 80% 前後の推定精度となること、DAE 方式では少なくとも数万サンプルの教師なしデータが必要であることが分かっている。

## 6. おわりに

本研究は、広域のバリア情報を高精度に収集するために、健常者歩行時のセンサデータから障害者に対するバリアの存在を推定する技術の確立を目指している。現在は、細かい粒度で多様なバリアを推定対象として定義し、各機械学習方式の精度測定実験を行なっている最中である。

今後行うべきことは主に 2 つある。1 つ目は、より多くの実験データを収集して検証を重ね、HCF 方式と DAE 方式のどちらを用いるか、あるいは両方を併用するか見極め、さらなる精度向上を目指してアルゴリズム改良を行うことである。2 つ目は、フィールド調査や障害者へのヒアリングを行い、我々が推定しようとしているバリアが妥当であるか、あるいは他に推定すべきバリアは無いか、明らかにすることである。

## 参考文献

- [1] 岩澤有祐, 矢入郁子: 多次元時系列データ解析によるアクセシビリティ可視化システムの開発, JSAI'14 (2014).
- [2] PADM: みんなでつくるバリアフリーマップ, [http://enigata.com/data/minna\\_bmap.pdf](http://enigata.com/data/minna_bmap.pdf) (last visited Jan. 1, 2017).
- [3] 宮田章裕, 伊勢崎隆司, 中野将尚, 石原達也, 有賀玲子, 望月崇由, 渡部智樹, 水野理: 直近移動能力を考慮した車椅子操作推定モデル, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.10, pp.2316--2326 (2016).
- [4] 佐藤匠, 廣森聡仁, 山口弘純, 東野輝夫: スマートフォンと靴センサを活用した災害時通行路の状況推定, DICOMO'14, pp.258--265 (2014).
- [5] 藤井海斗, 羽田野真由美, 西田京介, 戸田浩之, 澤田宏, 鹿島久嗣: 歩行者クラウドセンシングによる路面状態の推定, DEIM'16 (2016).