

<総説>

歩道敷設における医学的課題の工学技術による解決手法

—医工協働による深化したユニバーサルデザインによる歩道づくり—

浅田朋彦¹⁾, 三浦良勝²⁾, 阪東美智子³⁾, 林基哉⁴⁾, 福山秀直⁵⁾

¹⁾ 滋賀県高島健康福祉事務所 (高島保健所)

²⁾ 滋賀県大津土木事務所

³⁾ 国立保健医療科学院生活環境研究部建築・施設管理研究領域

⁴⁾ 国立保健医療科学院統括研究官

⁵⁾ 京都大学学際融合研究教育推進センター健康長寿社会の総合医療開発ユニット

Methods for resolving medical issues in sidewalk construction by using engineering technologies: Construction of sidewalks based on universal design enhanced by the collaboration between medicine and engineering

Tomohiko ASADA¹⁾, Yoshikatsu MIURA²⁾, Michiko BANDO³⁾, Motoya HAYASHI⁴⁾, Hidenao FUKUYAMA⁵⁾

¹⁾ Shiga Prefectural Government, Takashima Office of Public Health and Welfare (Takashima Public Health Center)

²⁾ Shiga Prefectural Government, Otsu Office of Public Works

³⁾ Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

⁴⁾ Research Managing Director on Building and Housing Health, National Institute of Public Health

⁵⁾ Kyoto University Research and Educational Unit of Leaders for Integrated Medical System

抄録

歩道敷設について医学と工学の学際領域の協働の重要性を最近の国内外の文献に基づいて検討した。まず、歩道敷設の前提となる歩道の利用(歩行)促進の効果を医学(公衆衛生学)的に検討した。次にユニバーサルデザインの歩道敷設について、これまでと現在について概説した。続いて、今後の歩道敷設に関する医学的課題の工学技術的解決について、専門的視点と利用者視点から解説した。最後に、将来の歩道敷設におけるユニバーサルデザインの深化のために、利用者視点を超える医学(神経科学)的課題の提起と工学技術による解決について提言した。例としてCAT(Coincidence Anticipation Timing) performanceを挙げて、利用者が気付かない転倒の防止対応の必要性について医学(神経科学)的に解説し、具体的な工学技術による解決法を提案した。今後このようなユニバーサルデザインの更なる深化を超高齢社会に向けて、実現していくべきであろう。

キーワード: 医工協働, 歩道敷設, ユニバーサルデザイン, CAT(Coincidence Anticipation Timing) performance, 学際協働

Abstract

Objectives: This paper considers the importance of interdisciplinary collaboration between medicine and engineering in the construction of sidewalks based on recent literature from Japan and overseas.

Methods: First, it considers the effects of promoting the use of sidewalks, which is the prerequisite

連絡先: 浅田朋彦

〒520-1621 滋賀県高島市今津町今津448-45

448-45 Imazu, Imazu-cho, Takashima, Shiga, 520-1621, Japan.

Tel: 0740-22-2525

E-mail: asada-tomohiko@pref.shiga.lg.jp

[平成29年6月5日受理]

for their construction, from a medical (public health) perspective. Second, we present a chronological overview of sidewalks based on universal design followed by an explanation on the resolution of medical issues in the construction of sidewalks in the future by using engineering technologies from a professional and the users' perspective. Finally, this paper raises medical (neuroscience) issues beyond users' perspective and proposes solutions based on engineering technology for the future "deepening of universal design in sidewalk construction." Citing coincidence anticipation timing (CAT) performance for example, this paper provides a medical (neuroscientific) explanation for the need to prevent falls users are unaware of, thus proposing solutions using specific engineering technologies.

Conclusions: In the future, there is a need to further enhance this type of universal design suitable for a super-aged society.

keywords: Medical Engineering Collaboration, sidewalk construction, universal design, coincidence anticipation timing(CAT) performance, interdisciplinary collaboration

(accepted for publication, 5th June 2017)

I. 緒言

平成25年6月に「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律（障害者差別解消法）」が制定され、平成28年4月から施行された[1,2]。これに伴い、障害者に対して不当な差別的扱いをしてはならないだけでなく、合理的配慮の実施が国民に求められるようになった[1,2]。また我が国の超高齢社会はすでに2007年に高齢化率が21%に至り、現実化している[3,4]。高齢者の健康増進と疾病予防（三次予防を含む）をすることは、国民総医療費の抑制をもたらす[3]のみならず、高齢者の幸福度を上げ[4]、活躍の場を広げ[5]、社会全体に良い影響を及ぼし得る[3,5]。一方で障害者や高齢者の「移動」に関するニーズは高い[6]。「障害者の日常生活および社会生活を総合的に支援するための法律（障害者総合支援法）」では、障害者等（難病患者も含む）の移動の支援[7]が挙げられている。そして障害者の就労支援には就労場への「移動」が必須である。また、高齢者は病院外来での脊柱障害受療率が高いため、歩行に障害を有する場合が多い[3]。疾患に起因する転倒を恐れるあまり閉じこもり、他人との会話等の接触の機会が少なくなり、うつや認知機能低下を招く可能性がある[8]。

「移動」に関する配慮は、「どこでも、だれでも、自由に、使いやすく」という考えを踏まえ、あらかじめ、障害の有無、年齢、性別、人種等にかかわらず、多様な人々が利用しやすいよう都市や生活環境をデザインする考え方である、ユニバーサルデザインとして取組がなされてきた[9]。2014年国際連合での「障害者の権利に関する条約」に我が国は批准し[10]、障害者差別解消法[1,2]の施行された現在、障害者や高齢者の「移動」に対する合理的配慮を実現する、施設や設備が求められている。障害者や高齢者が利用しやすい施設や設備のある社会は、利用者を考慮した施設・設備のある、人にやさしい社会である[6]。そして国内外に、人にやさしい社会の実現を示していく必要がある。本稿では障害者や高齢者が「移動」に関して最大限に配慮され、そして必要とされる「歩

道づくり」について、医学と工学の協働の視点から述べる。

II. 歩道の利用（歩行）の促進による医学（公衆衛生学）的有益性について

歩道の利用（歩行）の促進により、利用する人の健康が促進されることを医学（公衆衛生学）的視点から示し、利用者が歩行による健康増進を促進できるように、ユニバーサルデザインの歩道づくりが必要な理由を述べる。

歩行の効用についての医学（公衆衛生学）的視点からの重要性

まず、歩道利用者の、歩行による直接的な効用について医学（公衆衛生学）的な視点から述べる。

Halleらによると、横断研究で、週に7時間早歩き歩行をする、といった定期的な身体活動により、大腸がんのリスクが40%低下し、すでに大腸がん罹患している進行性がん(II期またはIII期, UICC; Union for International Cancer Control 国際対がん連合)の患者が、4時間程度の早歩きをすることで、予後が改善したという[11]。

また、10年間、日に3000歩の歩行を増やすことにより、10年で4.3%糖尿病患者数を減らし、5.2%国民総医療費が低下する。さらに、10年間、日に5000歩の歩行を増やすと、10年で7.3%糖尿病患者数を減らすことができ、8.4%国民総医療費が低下する、という研究報告がある[12]。それによると、日に3000歩増加させたとき、一歩あたりの医療費削減は、0.00146円であった。国民総医療費は年々高騰しており、これら歩行（歩道利用）の直接的な影響により、大腸がんや糖尿病の予防という健康への効果が、利用者自身の健康効果はもとより、社会においても医療費抑制効果をもたらすのである。そしてその結果、「歩道づくり」の施策を進めるために必要な歩道敷設の需要が高まり、「歩道づくり」に対する国民の理解が深まるとともに、歩道利用（歩行）の増加による医療経済効果の還元により、「歩道づくり」は促進される。

ゆえに、歩行の促進は個人と社会の双方にとり有益性が高い。そして「歩行」を促進することが可能となる、快適な利用ができる歩道づくりを指向するには、ユニバーサルデザインの歩道づくりが必要である。そしてその具体的な例として、最近では、東京都による山手通り（環状6号線）の整備を契機に「初台プロジェクト」という健康医療福祉都市構想の中で、「24時間散歩ができる道（ヘルシーロード）」づくりが進められている[13]。

III. 歩道のユニバーサルデザイン

1. これまでのユニバーサルデザインの歩道

歩道の機能は、利用者が歩道を使用して安全に「移動」ができることであり、道路事業及び管理者は、この機能を持った道路の敷設と維持管理を行っている。

内閣府の「平成24年度版 高齢社会白書」によると、急速に進む高齢化の中で道路に対する利用者の改善要望の中で、4割がユニバーサルデザインに関するものであった[14]。ユニバーサルデザインの歩道は、障害者や高齢者にも利用しやすい歩道である[15,16]。道路からみた障害者の分類は、歩行障害者（長くかつ速く歩けない層）、感覚障害者（全盲・弱視者）、車いす使用者に分けられる[10]。道路事業を検討する委員会等では障害別に複数の団体の代表者の意見を取り入れて、これら3つの障害にあたる方への歩道敷設・整備事業上の配慮がなされてきた[16,17]。高齢者も、老人会等の地元代表者がこの検討委員会で意見を出し、道路事業に参画している[17]。歩道敷設や管理する事業者のユニバーサルデザインの歩道に求められる要素としては、a. 障害者や高齢者を含むすべての利用者が安全快適に利用できる歩道であること、b. 劣化が少なく、機能が長期間維持される歩道であること、c. Life Cycle Cost（以下、LCCと略する；道路敷設及びその後の維持管理でかかる総費用）の負担をおさえられる歩道であること、d. 利用者の利便性向上及び健康づくりにも役立てられる歩道であること、e. 歩道周辺の町づくりや活性化に寄与する歩道であること、f. 維持管理時の人的負担、社会的影響を抑えることができる歩道であること、が挙げられる。そして、これらを兼ね備え、かつ対費用効果が高い歩道を敷設することは、その管理と整備における重要な点であるといえる[16-18]。

一般的に、質の高いインフラの整備は高コストを招いてトレードオフの関係になる場合が多いが、これらの視点を相互バランスさせながら、総合的に優れた歩道を目指すことは可能である。そして初期費用を要しても、結果として健康や医療を含めたLCCを下げるができる。事業者別に国道、県道、市（町村）道、その他、という道路の種別があり、予算規模の違いはあるが、歩道づくりについては、概ね共通している。

しかし、良いことばかりではない。例えば、歩道利用者の増加で、歩道の清掃や補修が増大し、それに当たる人員の増員が必要となる。また、歩道の割れ、ひび等の

劣化に対する補修頻度も高くなる傾向にあるため、劣化修復費用の歩道利用に対する対費用効果についても、トレードオフの側面があることは否めない。これに対しては、人件費等の費用を抑制するため、道路の劣化の早い段階で地域住民から道路の情報の提供を受けることによる対応[19]等がなされている。

2. 現在のユニバーサルデザインの歩道

利用者と道路事業者の双方の意見が反映された歩道でも利用者に関連するリスクがある。利用者の移動時の転倒である。転倒は、高齢者の生活機能を全般的に低下させる（転倒後症候群[8]）。障害者や有傷病者、筋力低下のある高齢者にとって、転倒は寝たきりの状態を作ってしまう危険性がある。歩道整備時における転倒予防上の最重要点は、転倒しやすい条件を減らすこと（急な勾配の傾斜面を避ける、すべり摩擦抵抗を適正にする、適正な視覚、聴覚誘導設備の敷設、等）であり、維持管理時には、劣化による凹凸を可及的速やかに修復し、歩道表面の摩擦係数の低下を改善する等、である。これについては、すでに道路管理者により多くの箇所で実施されている[16]。

次に最近の歩道づくりに関する知見を含め、今後のユニバーサルデザインの歩道づくりのための工学と医学の協働について述べる。

IV. 今後のユニバーサルデザインの歩道づくりー工学と医学の協働ー

ここでは、LCCの視点から

1. では、歩道敷設時について述べ、
2. では、維持管理期について述べ
3. では、実施についての優先度について述べる

1. LCCの視点から一歩道敷設時のより良い歩道一

歩道敷設時には費用がかかっても、耐久性の高い材料を使用することは維持管理期の劣化を防ぎ、歩道修繕の人的コストを抑え、また総じてLCCが抑制される結果、補修するシステム全体に良い効果を及ぼす。また、歩道敷設時に歩道に適切な材料を選択することが、歩道利用者の健康上重要となる場合がある。また歩道に平坦性やすべり摩擦抵抗等を適正に持たせることは、転倒を防止することにつながる。

1) 舗装技術

長期間にわたって、舗装機能を確保し、補修の頻度を減らし、LCCを軽減できる舗装が望まれる[20]。これには、自動修復するアスファルトが注目されている。新技術として、超音波、加熱過程導入等の異なった技術が用いられている。コストを抑え、劣化を防ぎ得ることから注目されている[21]。また、舗装の破損の中で、わだち掘れは頻繁に起きるが（例えば、頻雑に大型トラックが出入りするコンビニエンスストアやショッピングセン

ターの駐車場等に接している歩道の場合), その原因によって2つに分類される[20]. 1つは, 舗装体が構造的に破損し, 路盤層以下が支持力不足となり, 永久変形が生じることで, アスファルト混合物層にわだち掘れが生じる「構造的破壊」であり, もう一つは, このアスファルト混合物層の軟化と流動が原因でわだち掘れが生じる「機能的破壊」である. これらに対して, 長寿命舗装として, 「水分により硬化反応をする加熱アスファルト混合物」が開発され期待されている[20].

次に, 夏期と冬期の歩道に関連する医学(健康)課題に対応する工学技術について述べる. 都市内歩道路の暑熱環境対策をすることで, 夏期の歩道歩行時の高温環境を和らげることは歩行者の熱中症予防の上でも重要である. 保水性舗装の蒸散効果と遮熱性舗装の赤外線吸収抑制効果を持たせることによって, 歩行者に対する暑熱対策をすることができる[22]. しかし, 歩道の透過(または透水, 以下透水と略する)性は, 歩道の劣化を起こさないために重要であり, 保水性は透過(透水)性と両立するのが難しいので, 降雨時の雨水の歩道への影響を考慮する必要はある(このことは後述する). 冬期の歩行者の歩道路面スリップ転倒事故予防には歩道用凍結抑制弾性舗装も提唱されてきた. これは廃タイヤを用いてゴムチップにして配合したプレキャストタイプの弾性舗装版で, 低熱伝導性, 弾性変形, 保水性があり, 凍結抑制効果をもたらすという[23].

現状, こうした新技術は, 研究開発や試行段階のものが多く, 現地実証による実施結果の蓄積を期待したい.

2) 舗装の性質

健康被験者100人を対象とした歩きやすさの官能試験では, 弾性舗装, レンガ舗装, 景観透過(透水)性樹脂舗装, 平石張り舗装が, 標準的な歩道アスファルト舗装よりも評価が高く, 滑りやすいタイル舗装は歩きにくさが最も大きかった[24]. また高齢者においても弾性舗装が最も歩きやすいという結果であった[24]. 歩きやすい歩行者系舗装とは, 感触が柔らかく, 滑り抵抗が高く, 適度に凹凸といった物理的性状を有する舗装を言う[25]. しかし, 極端に柔らかく, 極端に滑りにくく, 凹凸の大きいものはかえって歩きにくく, また, 適切な平坦性, 硬さ, 滑り抵抗値の範囲があると推定されている[25].

2. LCCの視点から一維持管理期のより良い歩道—

メンテナンスを行うことによって, 劣化を防ぐことが維持管理期に求められる. 前述のように, 劣化によって割れや段差の部位が生じ, 躓きによる転倒のリスクを上げるので, 劣化を防ぐことは, 転倒予防に直結する. 工学的劣化防止技術が利用者の安全性を向上させ, 医学的な転倒予防につながる.

定期的な歩道の清掃を行うことはメンテナンス上有用である[26,27]. 特に歩道の透過(透水)性を保つことは, 暑熱対策のところで触れたとおり, 豪雨の処理上重要である[26]. また, 逆に雨水は歩道の透過(透水)性を低

下させるので, メンテナンス上, 注意が必要である[28]. なぜなら, 透過(透水)性が悪ければ, 劣化を招き, 歩道表面の性状(滑り抵抗性)を変化させ, 結果, 歩行者の転倒など歩行に影響する可能性があるためである.

3. LCCの視点から一実施の優先度—

より良い歩道づくりを実現するためには, 整備や維持修繕に投資できる予算に制限のある状況にあつては, 優先度の見極めによるトータルコストの低減が求められる.

優先度を判断する資料としては, その道路の持つ機能や幾何構造のほか, 自動車交通量, 歩行者・自転車の利用者数, 事故件数や, その形態等, 様々な項目に加え, これまで利用されてこなかった, 救急搬送等の位置情報を知ること, その歩道での歩行による危険性の調査を実施し, その結果に基づいて危険の予知と適切な対応をとったり, さらに, 情報通信関連の企業, 製造メーカーに蓄えられた自動車や人の動きに関するビックデータを活用していくことが有効であると考えられる.

V. 利用者視点からの医学的問題点の工学技術による解決について

1. 利用者視点からの医学的問題点への工学技術アプローチ(協働)

ここでは高齢者の歩道利用に関する研究を検討する. 高齢者が歩道で躓いて転倒しないブロック系舗装の目地部分の段差について調べた研究がある[29]. 都心に住む高齢者が躓きを起こさない目地部段差の標準偏差は1.2 mm以下が必要であるが, 施工精度を考慮して2.4 mm以下が望ましいと結論づけている[29]. これは新聞紙や小冊子で躓きが起こる可能性があることを意味している.

さらに高齢者はまた, 障害物だけではなく, 和室の敷居も認識しにくいという[30]. そのため高齢者の特性として通常若年者が躓かない段差も認識のしにくさからの躓きのもととなる. そのため, ユニバーサルデザインの歩道施工時には留意する必要がある.

2. 利用者視点(国内外)からの医学(公衆衛生学)の応用

次に歩道の安全についての社会対応について触れる. 転倒のリスクが高い環境として, WHOは危険な歩道, 照明が暗い街路, 不便あるいは危険な地域の歩道をグローバルな視点で挙げている[8].

舗装のところで触れた冬期の路面の安全性について, フィンランドでは, 都市部を中心に, 冬の路上転倒防止を目的として, 転倒事故データに基づいて歩行者向けの路面情報提供を行っている[31]. 冬期降雪によってのスリップ転倒は都心を含め全国的であり, フィンランドのような対応も必要かもしれない.

歩道の問題ではないが, 歩道安全利用上の問題として, 高齢者の外出に際して, 歩行補助車が使用されるが, 高

高齢者が自分の歩行能力を客観的に評価しにくいいため、自分に合っていない歩行補助車を選ぶ可能性があり、歩行者、自動車との事故も起きている現状があるので、適正な使用ができるように社会対応が必要であるとしている[32].

歩行時間を増やす試みについて様々な取り組みがなされているが、いずれも小路を自然に歩くことをすすめて健康になる街づくりの試みもなされている[5]. さらに高齢者の歩行を積極的に進めることによって転倒予防につながるよい循環を生み出すことができると考えられる[8].

VI. ユニバーサルデザインの深化

—利用者の視点を超える転倒のメカニズムについて医学（神経科学）的問題点と工学技術による解決の提案—

転倒事故は、これまで述べた、歩道の質の向上や劣化対策、歩道利用者（たとえば高齢者）の意見を聞くだけでは防ぐのは困難である。たとえば、摩擦係数が低下し、歩道表面が滑りやすい状況になっているにも関わらず、視覚的には分かりにくいいため、転倒する場合がある。具体例では、冬期の表面が視覚的に認知しにくい凍結した歩道での転倒が挙げられる。ここに深化したユニバーサルデザインの歩道づくりに医学的（神経科学的）検討を加える必要がある。次にこれについて述べる。

1. Coincidence Anticipation Timing Performance; CAT performance[33]と工学技術の対応

実際の歩行は状況に応じて移動動作と歩行の反復リズムを同時に調整する動作（Coincidence Anticipation Timing Performance; CAT performance）のひとつであるが、歩行者の多いところでは、他の人を避けながら歩かなければならないため、歩く動作をしながら、反復する歩調も調整しなければならない。高齢者の歩行にとり、転倒防止のうえで、この二重の課題を遂行しなくてはならない場面を考慮することは非常に重要であり、また、進行していくと歩行に障害が出るパーキンソン病の患者ではこの機能が低下することがわかっている。しかし、この機能低下は、状況依存的に起こるため、自覚されにくく、なぜ、転倒しそうになったかがわかりにくい。さらに、この状況は都心の雑踏の中だけで発生するのではない。実際の歩道の歩行の際に、歩道が短い間隔で分断（たとえば実際の道路では、ひと続きの歩道であるのだが、歩道を歩くと自動車の出入り口や沿道にある店舗や各種施設の出入り口が頻雑にあり、それぞれバラバラの幅で横切っている）されていて、歩道には、そのたびに段差や傾斜があり、最初の時点での歩調を途中で何度も調整しなおさなければならない。このように簡単にCAT performanceが難しい状況を作りえるのである。

そしてこの対応として、工学技術からは、歩道整備時

になるべく出入り口の間隔が不規則にならないように歩道敷設を行う配慮をすることで、CAT performanceを実行しやすくして、結果的に危険性を低下させることが可能である。少なくとも、病院や公共施設につながる周辺歩道では、このことに配慮すべきであろう。また歩道の表面も平坦性が保たれると、認知的負担が少ない。さらに、歩道の劣化による割れなどを防いでいく必要が、CAT performanceの観点からはある。

冬期の歩道についての新谷らの調査によると、歩道の擦り付け勾配部での転倒が、歩行路面の平坦性確保により、冬期の歩行者転倒を防ぐ効果がある[31]という。これについても、歩行時のCAT performanceに係る認知的負担が、歩道の凍結による摩擦係数低下自体は変化しなくても、平坦性を確保することにより軽減できた可能性がある。

2. CAT performance の脳機能の局在[35]

CAT performanceはBrodmann area 6の活性とBrodmann area 46の抑制の関連を示唆する研究がある[34]. 反復性経頭蓋磁気刺激（repetitive Transcranial Magnetic Stimulation:rTMS）による脳の活性化等、今後の脳科学の進歩により、転倒防止の脳機能を考慮することが期待される。

3. 感覚と転倒

難聴者の転倒リスクは高いことが報告されている[35]. 難聴者自身の聴覚補正はもとより、転倒のリスクがあることに對して特別な配慮が必要であることを認識しなければならない。

VII. まとめ

このように作り手である道路事業者と歩道利用者の協働にプラスして、医学的視点の追加によってさらに安全快適な歩道の利用に導き得る。つまり、次代の深化したユニバーサルデザインの歩道敷設・整備には「安全快適に利用が促進されるような歩道環境づくり」という統一した利用者視点の目標を達成するため、土木工学を中心とした最新の工学技術、徹底した利用者による検証、神経科学を含む最新の医学技術の三方の協働を行うことが重要である。そしてこの協働の実現に向けて、道路管理者のみならず、交通管理者（警察）や救急救命機関（消防）など歩道事故に関連する組織が持つ様々なデータを活用することで、優先度を明らかにし、より実効性のある、真に「人にやさしい歩道づくり」の実現を目指していくべきであろう。

利益相反

本論文に関する利益相反(Conflict of Interest: COI)はない。

文献

- [1] 内閣府. 障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律 (平成二十五年法律第六十五号). http://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/law_h25-65.html (accessed 2016-10-07)
- [2] 内閣府. 障害を理由とする差別の解消の推進. <http://www8.cao.go.jp/shougai/suishin/sabekai.html> (accessed 2016-10-07)
- [3] 内閣府. 平成27年版高齢社会白書 (全体版) 第1章 第2節3 高齢者の健康・福祉. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/html/zenbun/sl_2_3.html (accessed 2016-10-07)
- [4] 総務省. 平成25年版情報通信白書 第1部 特集「スマートICT」の戦略的活用でいかに日本に元気と成長をもたらすか, 第2章第3節 超高齢社会におけるICT活用の在り方 超高齢社会の現状 (1) 高齢化の進展 超高齢社会に突入している日本. <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/html/nc123110.html> (accessed 2016-10-07)
- [5] 池野泰文. 歩くことを通じて自然と健康になる街を目指すスマートウェルネス三条の取り組みについて. *Traffic Engineering*. 2005;50(3):18-21.
- [6] 土井健司, 長谷川孝明, 小林成基, 杉山郁夫. 超高齢化を迎える年に要求される移動の質に関する研究. *国際交通安全学会誌*. 2010;35(3):38-49.
- [7] 厚生労働省. 地域社会における共生の実現に向けて 新たな障害保健福祉施策を講ずるための関係法律の整備に関する法律について. http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/shougaisahukushi/sougoushien/ (accessed 2016-10-07)
- [8] WHO. WHO Global Report on Falls Prevention in older age. 2008. http://www.who.int/ageing/publications/Falls_prevention7March.pdf (accessed 2016-10-07)
- [9] 国土交通省. 歩行空間のユニバーサルデザインの推進. <http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/bf/> (accessed 2016-10-07)
- [10] 外務省. 障害者の権利に関する条約 (略称: 障害者権利条約) (Convention on the Rights of Persons with Disabilities) http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/jinken/index_shogaisha.html (accessed 2016-10-07)
- [11] Halle M, Schoenberg MH. Physical Activity in the Prevention and Treatment of Colorectal Carcinoma. *Dtsch Arztebl Int*. 2009;106(44):722-727.
- [12] Kato M, Goto A, Tanaka T, Sasaki S, Igata A, Noda M. Effects of walking on medical cost: A quantitative evaluation by simulation focusing on diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*. 2010;4(6):667-672.
- [13] 特定非営利活動法人 健やかまちづくり. 健康医療福祉都市構想の事例. http://www.suko-machi.net/img/download/02_toshikousou_jireihatsudai.pdf (accessed 2016-10-07)
- [14] 内閣府. 平成24年度版 高齢社会白書. <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/zenbun/index.html> (accessed 2016-10-07)
- [15] Tony S, 秋山哲男. 障害者・高齢者の交通ニーズに応える. リハビリテーション研究 STUDY OF CURRENT REHABILITATION. 1990;62:20-26.
- [16] 日本道路協会. 地域ニーズに応じた道路構造基準の取り組み事例集. 東京: 日本道路協会; 2015.
- [17] 滋賀県土木交通部道路課. 滋賀県歩道整備マニュアル—すべての人が安全・快適に利用できる道路空間を目指して—. 2015. http://www.pref.shiga.lg.jp/h/doro/hodou_m.html (accessed 2016-10-07)
- [18] 滋賀県土木交通部道路課. 滋賀県道路整備アクションプログラム2013. <http://www.pref.shiga.lg.jp/h/doro/action2013/action2013.html> (accessed 2016-10-07)
- [19] 滋賀県. 近江の美知普請 プロジェクト1・2・3. http://www.pref.shiga.jp/h/doro/d_michibushin01.html (accessed 2016-10-07)
- [20] 谷口博, 島山慶吾, 寺田剛, 新田弘之. 長寿命化舗装用アスファルト混合物の開発. *道路建設*. 2015. p.39-43.
- [21] Agzenai Y, Pozuelo J, Sanz J, Perez I, Baselga J. Advanced self-healing asphalt composites in the pavement performance field: mechanisms at the nano level and new repairing methodologies. *Recent Pat Nanotechnol*. 2015;9(1):43-50.
- [22] 関伸明. 現場技術「保水遮断性舗装」. *道路建設*. 2015. p.34-37.
- [23] 小野田光之, 倉持智明, 樫野誠, 森嶋洋幸, 稗田満. 歩道用凍結抑制弾性舗装の実道への適用に向けて. *土木技術資料*. 2008;50(6):54-57.
- [24] 鍋島益弘, 山田優. 一般歩行と高齢者歩行に対する適正なすべり抵抗値について平坦部と勾配部における検証. *土木学会舗装工学論文集*. 2001;6:218-224.
- [25] 小森谷一志, 池田拓哉, 谷口聡. 歩行者系舗装の歩きやすさの評価手法に関する研究. 第2回舗装工学講演会講演論文集. 1997. p.181-188.
- [26] Drake J, Bradford A. Assessing the potential for restoration of surface permeability for permeable pavements through maintenance. *Water Sci Technol*. 2013;68(9):1950-1958.
- [27] Tervahattu H, Kupiainen KJ, Räisänen M, Mäkelä T, Hillamo R. Generation of urban road dust from anti-skid and asphalt concrete aggregates. *J Hazard Mater*. 2006;132(1):39-46.
- [28] Niu ZG, Lv ZW, Zhang Y, Cui ZZ. Stormwater infiltration

- and surface runoff pollution reduction performance of permeable pavement layers. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2016;23(3):2576-2587.
- [29] 久下晴己, 國府勝郎, 秋山哲男. 高齢者の歩行特性とブロック系舗装の目地部許容段差に関する考察. 土木学会論文集. 1999;627(V-44):67-76.
- [30] Katsura T, Miura N, Hoshino A, Usui K, Takahashi Y, Hisamoto S. Visual Recognition of the elderly concerning risks of Falling or Stumbling indoors in the home. *J Rural Med*. 2011;6(2):71-80.
- [31] 新谷陽子, 原文宏, 秋山哲男. 札幌中心街地の冬の歩行者転倒事故. 総合都市研究. 2005;85:57-68.
- [32] 安心院朗子, 徳田克己, 水野智美. 歩行補助車を使用している高齢者の外出状況と交通上の課題. *IATSS Review*. 2010;35(2):77-84.
- [33] Duncan MJ, Stanley M, Smith M, Price MJ, Ledington Wright S. Coincidence Anticipation Timing Performance during an Acute Bout of Brisk Walking in Older Adults: Effect of Stimulus Speed. *Neural Plast*. 2015;2015:210213. doi:10.1155/2015/210213.
- [34] Koshizawa R, Mori A, Oki K, Takayose M, Minakawa NT. Effects of training the coincidence-anticipation timing task on response time and activity in the cortical region. *Neuroreport* 2014. 2014;25(7):527-531.
- [35] Lin FR, Ferrucci L. Hearing loss and falls among older adults in the United States. *Arch Intern Med*. 2012;172(4):369-371.