

歩行空間におけるカラーユニバーサル デザイン支援システムの提案

窪田 諭[†] 関 博之[†]
狩野 徹^{††} 阿部 昭博[†]

歩行空間において、高齢者や障害者を含む全ての人への配慮からユニバーサルデザイン(UD)が進んでいる。しかし、色の識別に困難を伴う色弱者については、カラーUD(CUD)の社会での認識が低いため対応が遅れている。本研究では、歩行空間において一般色覚者が色弱者の見え方を視覚的に理解し、CUDの知識を得るために、CUD支援システムを提案した。システムは、3次元空間データを用いて歩行空間を表現し、CGによって色弱者の見え方を体験するものとした。そして、CUDの実践の場としてUD教育とまちづくりワークショップを取り上げ、システムの利用結果について考察した。

A Proposal of Color Universal Design System for Pedestrian Space

Satoshi Kubota[†] Hiroyuki Seki[†]
Toru Kano^{††} Akihiro Abe[†]

Universal design (UD) is applied to pedestrian space composed of roads and roadside buildings for all the people including elderly and disabled people. However, color UD (CUD) for color blind people is not advanced for low social cognition. In this paper, CUD support system was developed by using three-dimensional spatial data and applied for understanding difference of vision in color blind people and studying CUD for people with normal color vision. It has made it possible for experience of CUD view in 3D-CG. It applied to UD professional education and town development workshop. A capability of the system was discussed based on the results.

1. はじめに

地域の開発や改善を図るプロセスである「まちづくり」においては、高齢者や障害者を含む全ての人に配慮するユニバーサルデザイン(以下、UDという)が進んでいる。歩行空間は人の「移動」という基本的かつ必要不可欠な活動を行う場であり、移動に困難を伴う人を含む全ての人を対象として、UDを重視して整備されるべきである。UDの対象として、高齢者、車椅子利用者、子どもなどが考えられるが、外見ではわからない特性を持つ人もおり、UDに対応することは容易ではない。特に、色の識別に困難を伴う色弱者については、特性を公表することが難しく、社会での認識が低いため歩行空間での対応が遅れている。多様な色覚を持つ様々な人に配慮し、全ての人に情報が正確に伝わるように利用者側の視点に立つてつくられたデザインがカラーユニバーサルデザイン¹⁾(以下、CUDという)である。CUDについて、地下鉄路線図や公共施設の看板、出版物などで対応され始めており、さらに、その理解のための啓発や教育での支援が必要である。

CUDを考慮したまちづくりとしては、地方公共団体がCUDガイドライン²⁾を定め公共施設をCUD対応するための普及・啓発を図る取り組みや、CUD対応の自転車マップを作成³⁾する活動が行われている。一方、歩行空間全てをUD化することは不可能であることから、移動支援の研究⁴⁾⁻⁶⁾が行われている。印刷やデザイン領域では、色弱模擬フィルタ⁷⁾、CUD対応インタフェース⁸⁾や色覚シミュレータ Vischeck⁹⁾を用いてCUDを体験する研究が行われている。色弱模擬フィルタを用いて視覚障害者誘導用ブロックや道路標識、看板を対象に色弱者の見え方を体験する取り組みが報告されている。歩行空間のCUDを対象とした研究は少なく、単一の施設を対象に色弱者の見え方を疑似体験する活動に留まっており、まちづくりという視点でCUDを捉えていない。

本研究では、歩行空間において一般色覚者が色弱者の見え方を体験し、CUDの知識を得るために、歩行空間を3次元空間データによって表現したCUD支援システムを開発する。そして、CUDの実践の場としてUD教育とまちづくりワークショップを取り上げ、そこでのシステムの利用について考察する。

2. CUD支援の課題

本研究で用いる歩行空間を定義する。歩行空間を構成する要素を図1に示す。道路は、道路法より「道路」と「道路付属物」で構成される。道路は、歩道、橋梁、トン

[†] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部
Iwate Prefectural University, Faculty of Software and Information Science

^{††} 岩手県立大学社会福祉学部
Iwate Prefectural University, Faculty of Social Welfare

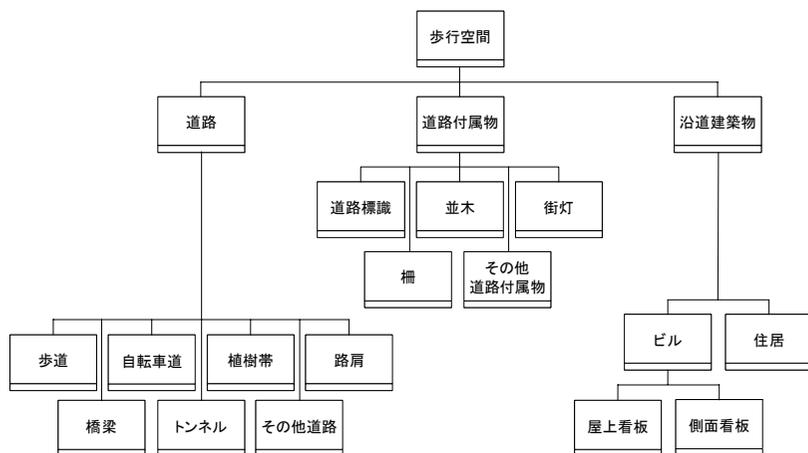


図1 歩行空間を構成する要素

ネルなどの構造物である。道路付属物は、道路標識、並木、街灯などを指す。本研究では、道路と道路付属物に加え、歩行者から視認される「沿道建築物」を合わせて「歩行空間」と呼ぶ。地下や沿道建築物の内部は対象としない。

2.1 色弱について

人間の目の網膜には3種類の錐体細胞があり、それぞれ吸収波長が異なるL錐体(赤錐体)、M錐体(緑錐体)、S錐体(青錐体)がある。3つの錐体の有無により、色覚はC型(一般色覚者)、P型(第1色弱、L錐体がない)、D型(第2色弱、M錐体がない)、T型(第3色弱、S錐体がない)、A型(全く錐体がない)の5種類に分類される。本論文では、カラーユニバーサルデザイン機構¹⁾に従い、人数割合が多いC型を「一般色覚者」、残りは色認識に弱い点があることから「色弱者」と呼ぶ。我が国では色弱者は約290万人存在し、そのうち約25%が第1色弱、約75%が第2色弱、約0.02%が第3色弱である。

2.2 CUD活動の実践における課題分析

地域でのUD活動¹⁰⁾の実践者にCUD実践のニーズを調査した結果、歩行空間をCUDに対応することは即座に実施できるものではないため、一般色覚者にCUDを教育し啓発することが重要であることがわかった。地域と大学の連携によるまちづくり¹¹⁾が求められているため、学生や一般住民がCUDの知識を持ち、CUDに配慮したまちづくりを徐々に推進していくことが望ましい。そこで、CUD実践の場を「UD教育(専門教育)」と「まちづくりワークショップ」の2つの活動とし、本研究の対象とする。

UD教育では、福祉やUDの専門教育を受ける学生が、教員から知識を広く深く学

ぶ。本大学社会福祉学部の「生活環境デザイン論」では、UDを学ぶ一環としてCUDに対応したカレンダー、パンフレットや地下鉄路線図などを紹介し講義形式で説明される。受講後、現地に赴きUD実践の学外実習が複数回行われる。一方、まちづくりワークショップは、地域住民、行政、NPOとファシリテータが歩行空間の改善を議論し検討する場である。UDのまちづくりワークショップでは、オリエンテーション、現地点検(障害者の疑似体験を含む)、グループディスカッション、ファシリテータによるまとめが行われる。

UD教育(専門教育)とまちづくりワークショップでCUD活動を実践するためには、以下の3つの課題がある。

(1) 時間的・空間的な制約がある

UD教育やまちづくりワークショップは、一人あるいは少数の大学教員やファシリテータが多数の人に向かって話を展開する形式である。UD教育ではeラーニングの利用までは考えられていないが、オンラインでの予習・復習が教員より要望されている。一方、まちづくりワークショップでは、事前に定めた日程・時間に多くの人が集まなければならない。著者らが地域のUD活動¹⁰⁾に取り組んできた経験より、集合できない参加者も含めてテーマをより深く理解するために、オンラインでの事前学習や事後検討、オンラインワークショップによる議論を行うことが求められる。

(2) CUDをまちづくり視点で学び実践することが難しい

UD教育やまちづくりワークショップにおいて、現地点検や実践のフィールド活動を行うことが多い。参加者は、その活動前に、授業やオリエンテーションでCUDの基礎知識を学ぶ。ここでは、カレンダーや地下鉄路線図を使って説明されているため、参加者はまちづくり視点でCUDを理解することが難しい。また、フィールド活動は昼間に行われることが多いので、夕方や夜の点検活動を行えず、雨や雪によって活動を制限されることもあり、まちの状況を把握した上でCUDを実践することが難しい。

(3) 色弱者の見え方の詳細な表現が難しい

既存の色弱模擬フィルタを利用する場合、第1色弱と第2色弱を複合させた見え方になっているため、第1、第2、第3という色弱の特性別に見え方を詳細に表現することができない。歩行空間における色弱者の見え方の特性を正しく理解するために、第1~3色弱の見え方をより詳細に表現できることが必要である。

3. システム提案

3.1 システム設計方針

CUD活動の実践における課題を解決するために、3次元歩行空間で一般色覚者が色弱者の見え方を体験するCUD支援システムを提案する。UD専門家との意見交換を経て、3つのシステム設計方針を定めた。

表1 CUDの実践場面とシステム形態

CUD実践場面	システム形態	
	対面・同期	遠隔・非同期
UD教育（専門教育）	授業	予習・復習
まちづくりワークショップ	フィールドワークショップ	事前学習・事後検討 オンラインワークショップ

(1) オンラインでのシステム利用

時間的・空間的な制約を解決するために、インターネット経由で CUD を体験できるようにする。議論の場に集合することができない場合でも、オンラインでの利用によって遠隔で情報を確認できる。CUD の実践場面とシステム形態を表 1 に整理する。UD 教育の流れは (1) 予習, (2) 授業, (3) 復習, (4) フィールド活動・学外実習, (5) 授業, (6) 復習である。UD 教育におけるシステムの利用イメージを図 2 に示す。一方、まちづくりワークショップの流れは (1) 事前学習, (2) 主催者によるオリエンテーション, (3) フィールド活動, (4) グループワーク・ディスカッション, (5) 事後検討である。本研究では、主催者によるオリエンテーションとグループワーク・ディスカッションをまとめてフィールドワークショップと呼ぶ。

(2) 3次元空間データを用いた歩行空間の表現

CUD 知識をまちづくり視点で学ぶために、現実の歩行空間を 3 次元空間データによって整備し、歩行空間内で色弱者の見え方を体験するシステムとする。3 次元空間データの整備対象は、図 1 に示す歩行空間の構成要素のうち、道路（歩道、路肩、植樹帯）と沿道建築物（ビル、屋上看板、側面看板）とする。橋梁や道路付属物などの要素は、3.3.1 項に後述するデータ整備範囲（岩手県盛岡駅前）あるいは 3 次元空間データの元資料（共用空間データ）に存在しないため対象外とする。

本システムでは、3 次元歩行空間を CG によって表現する。3 次元歩行空間を表現するために動画や実写映像を採用することが考えられるが、これらでは対象地域内の歩道や建物の全ての方向を撮影して網羅することは困難である。また、利用者が見たい場所や角度で映像を閲覧することには限界がある。一方、3 次元 CG では、利用者の意図に沿った動作を行いやすく、あらゆる角度と縮尺で視認できる。さらに、歩行空間を具体的に描写できるので、観察に特殊な能力や専門性を必要としない。

(3) 色弱者の見え方の体験

色弱者の見え方は、第 1 色弱（赤視の欠失）、第 2 色弱（緑視の欠失）、第 3 色弱（青黄視の欠失）の 3 種類に分類される。本研究では、色弱者の見え方の特性を理解するために、3 次元歩行空間を構成する道路（歩道、路肩、植樹帯）と沿道建築物（ビル、

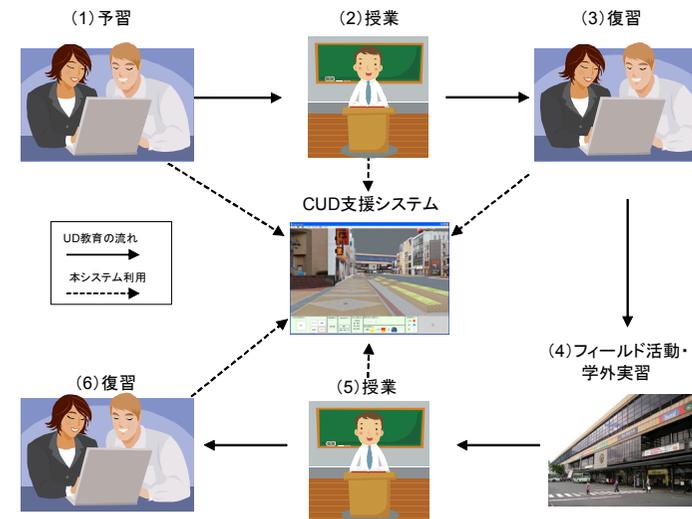


図2 UD教育におけるシステムの利用イメージ

屋上看板、側面看板)を3種類の見え方で表現する。

3.2 システムの構成と機能

3.2.1 システム構成

本システムの構成を図 3 に示す。システムは、利用者の PC および各機能を備え 3 次元空間データを格納するサーバで構成される。利用者は PC からインターネット経由でサーバにアクセスし、3 次元歩行空間内で CUD を体験する。3 次元空間データには、MapCube（パソコ製）¹²⁾を利用する。MapCube データは、レーザー測量データと 2 次元ベクター地図をベースに構築され、形状モデルに実際の建物外観のテクスチャを貼付した 3 次元モデルである。テクスチャを第 1~3 色弱の見え方に対応させることで CUD 支援に利用する。MapCube データの編集には 3D 作成ツール Autodesk 3ds Max（Autodesk 製）を、ウォークスルー作成ツールには SOLA（イークラフト製）¹³⁾を使用する。ウォークスルーのフロントエンド部分は、Flash と SOLA API を用いて機能を実装する。

3.2.2 システム機能

本システムでは、UD 専門家より要求を抽出し、次の 3 機能を開発することとした。

(1) 3次元歩行空間のウォークスルー

3 次元空間データを用いた CG により歩行空間内での自由な歩行（ウォークスルー）を実現し、利用者が見たい場所や角度で第 1~3 色弱者の見え方を体験する。様々な

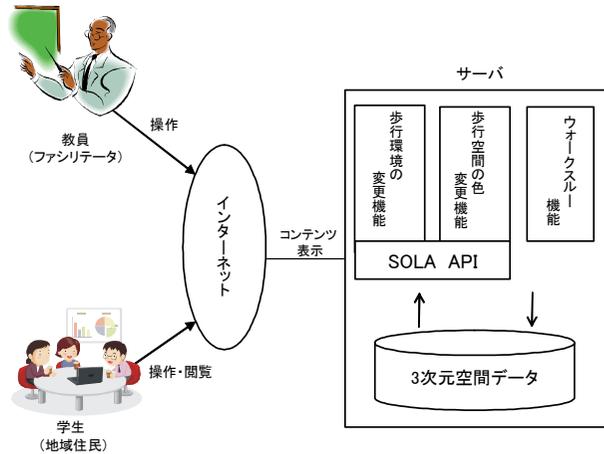


図3 システム構成

ITリテラシーレベルの利用者を考慮し、マウス操作のみで情報を閲覧できるものとする。

(2) 色弱者の見え方に対応した歩行空間の色変更

一般色覚者が色弱者の見え方を体験するために、歩行空間全体とその構成要素単位で第1～3色弱に対応して色を変更する機能を開発する。構成要素の色を変更する単位は、歩道、視覚障害者誘導用ブロック、植樹帯、屋上・側面看板を含む個々のビルとする。

(3) 歩行環境の変更

色弱者は夕方の赤みがかかった状態や夜の暗さで見え方が変わるため、これを疑似体験できるように歩行環境を変更する機能として、昼・夕方・夜の明るさを変更する機能と晴れ・雨・雪の天候を変更する機能を開発する。

3.3 システム開発

3.3.1 3次元空間データの整備

3次元空間データは、UD化の検討途上にある岩手県盛岡駅前通り約200mの範囲を対象に整備した。対象地域では、盛岡市の共用空間データ(縮尺1/500)が整備されている。共用空間データとその測量データをベースに、高さを与えて3次元空間データMapCubeを作成した。3次元形状モデル(図4)では、歩道と路肩はそれぞれ街区単位で、視覚障害者誘導用ブロック、植樹帯、ビル、屋上看板および側面看板はそれぞれ個々の構成要素単位で1つのモデルとして整備される。テクスチャは図4の各形状モデル内の線で区切った単位で貼付され、3次元モデルが作成される(図5)。3次

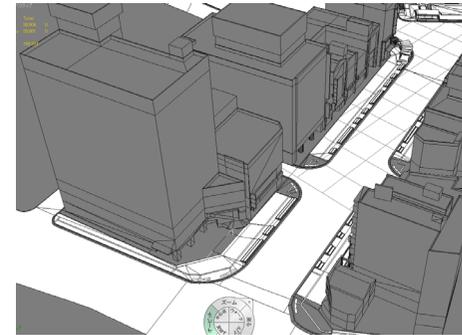


図4 3次元形状モデル



図5 テクスチャを貼付した3次元モデル



図6 システム画面例(鳥瞰図)

元空間データの整備時には CUD を含めた UD に配慮した歩行空間を今後検討することを考え、歩道と路肩の精細なデータを現地にて取得し、形状モデルに反映させた。テクスチャ用の写真は、現地にてデジタルカメラで撮影した。

3.3.2 機能開発

本システムは画面への表示に HTML を使い、動作処理に Flash の ActionScript2.0 と SOLA API を用いて開発した。システムでは図6に示すように3次元歩行空間がCGで表示され、画面の下部が操作インターフェースとなる。システム開発にあたって、3次元空間データからウォークスルーデータを作成し、歩行空間を表現した。ウォークスルー機能は、ウォークスルーデータを SOLA に入力することにより実現した。3次元空間内でマウスをドラッグ操作することで、空間内を歩行できる。色弱者の見え方に対応した歩行空間の色変更機能においては、歩行空間全体と、その構成要素である道

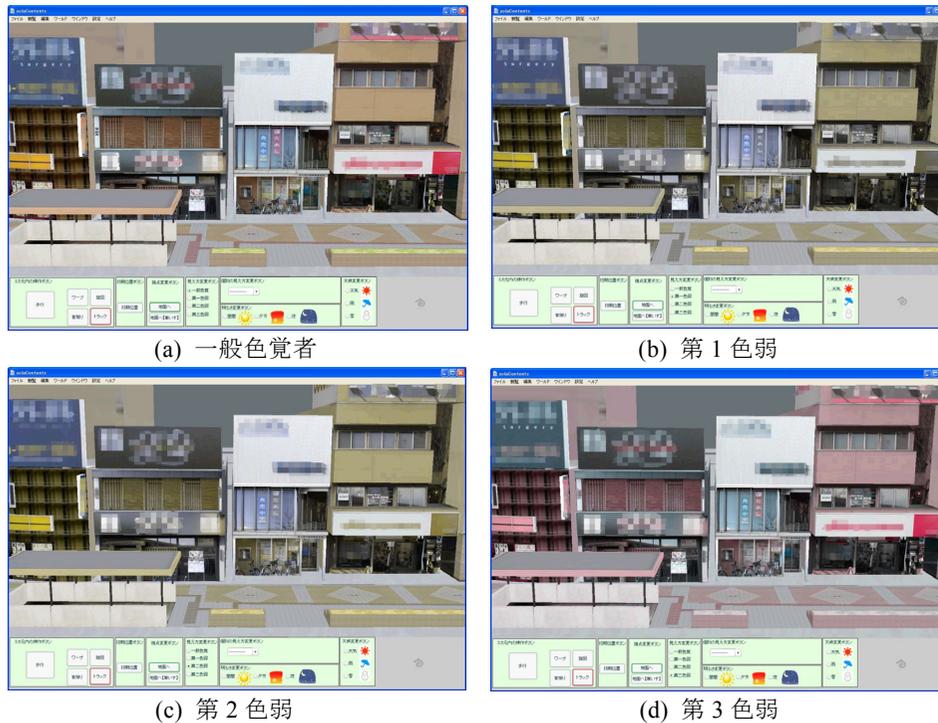


図7 システム画面例

路（歩道，路肩，植樹帯）と沿道建築物（ビル，屋上看板，側面看板）の第1～3色弱に対応したテクスチャを Vischeck によって作成した。システムでは，歩行空間全体あるいは道路と沿道建築物それぞれで第1～3色弱を選択しテクスチャを呼び出して，3次元歩行空間に色弱者の見え方を表現する。歩行環境の変更機能における明るさ変更では，3次元の概念に昼や夜がないため，3次元空間内に設置されるライトの明るさを変更し，昼・夕方・夜に近い見え方に表現した。具体的には，SOLA API のライトノードの color プロパティを変更した。また，天候変更では，雨や雪を Autodesk 3ds Max で作成することが可能であるが SOLA で利用できないため，SOLA 上で粒子を表現する機能を用いて作成した。

システム画面例を図7に示す。図7(a)は一般色覚者，図7(b)は第1色弱，図7(c)は第2色弱，図7(d)は第3色弱それぞれの見え方を示す。システムの稼働には，Adobe Shockwave Player をプラグインする必要がある。

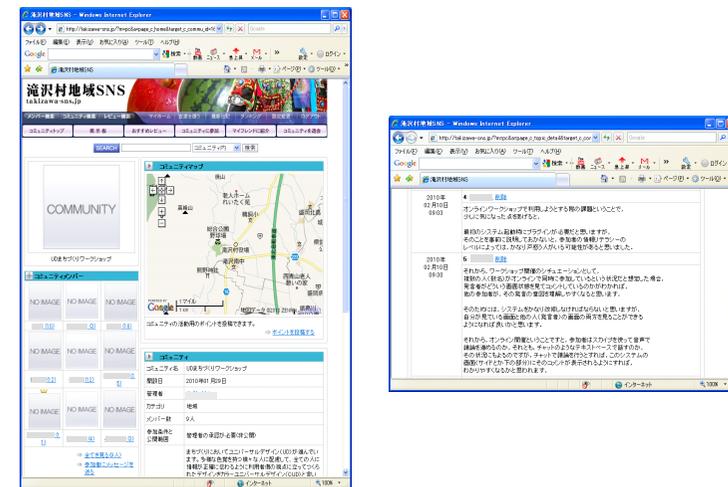


図8 地域 SNS における CUD 支援コミュニティ

4. システムの利用に関する考察

4.1 CUD 実践場面におけるシステム利用結果

システムは，UD 教育（専門教育）の授業と復習で利用¹⁴⁾された。また，フィールドワークショップを想定してUD 専門家に提案システムのヒアリング¹⁴⁾を行った。本研究では，さらにオンラインワークショップにおいてシステムを利用した。ここでは，滝沢村地域 SNS¹⁵⁾に CUD 支援コミュニティを設置した（図8）。地域 SNS に既に参加する大学教員，自治体職員，NPO 代表，大学生の計6名が利用した。コミュニティでは，2名から以下の意見が投稿された。

- 最初のシステム起動時にプラグインが必要であるが，それを事前に説明しておかないと，参加者の IT リテラシーレベルによっては，戸惑う人がいるだろう。
- 複数人がオンラインで同時に参加する想定の場合，発言者がどのような画面を見て発言しているのかわかれば，他の参加者がその発言の意図を理解しやすい。
- 自分が見ている画面と他の人（発言者）の画面の両方を見ることができるようになると良い。
- 参加者がチャットで議論を行うとすれば，このシステム画面（横や下）にそのコメントが表示されるようにすれば，わかりやすくなる。
- ルート案内や学びの要素があればおもしろい。

4.2 UD 教育におけるシステム利用

授業では著者らが操作者となって説明したため、受講者は初めてシステムを利用する場合でも負担なく操作できた。一方、復習では、3次元データやテキストチャがPCのメモリ不足のために表示されず、システムを利用できなかった学生が複数いたため、改善する必要がある。

システムの利用については、受講者へのアンケート結果¹⁴⁾より、授業と復習において利用できる可能性が示された。従来の授業では、既存の印刷物を利用してCUDを説明していたため、受講者はまちづくり視点ではCUDを理解することが難しかった。システムで体験した内容に基づき授業が展開されたことから、本システムをUD教育で利用できることが示唆された。また、他地域でのシステム利用について、UD教育ではCUDを理解することが目的であるため、当該地域の3次元空間データを整備する必要はなく、本システムを利用できると考える。一方で、予習での利用を想定した「授業を受ける前にシステムだけを与えられても、どのような点に着目して操作すればよいか知識のない人は困ってしまう」という意見があった。本システムでは教員やファシリテータなどの専門家による口頭でのCUDの知識教授を前提としているため、システムを利用するだけではCUDの知識を十分に得ることは難しい。予習時には利用者にCUDの知識があまりなく着目すべき点が不明であることを踏まえ、注目する箇所を事前に説明すること、およびシステム操作中に注目すべき箇所を画面上で表示することの改善が必要である。予習・復習でシステムを利用するために、チュートリアル作成やeラーニングシステムの導入が考えられる。

4.3 まちづくりワークショップにおけるシステム利用

フィールドワークショップにおいては、3次元CGにより、色弱者の見え方を大人数で一度に体験でき歩行空間を理解しやすい点、フィールド活動を行う前に本システムを利用すれば視野を広げてまちづくりを考えられる点で好意的な意見が得られ、CUD知識を得る目的で本システムを利用できる可能性が示された。ただし、地域の改善を目的とするワークショップを実施する場合、当該地域の3次元空間データを整備することが望ましい。その方法として、既存の地図データを元に高さデータを概算で与える方法や、既存の形状モデルを元にデータを作成する方法が考えられる。

オンラインワークショップにおいては、意見を投稿したのは自治体勤務経験を有する大学教員と自治体職員の名で2名であった。他の参加者はCUDの視点から意見を述べるができなかったと考えられる。CUDを進める上で専門的な知識がなければ、事前学習を行うことができず、オンライン上で意見を述べることもできない。また、遠隔利用であるため、どの場所について議論しているか不明確であると推察される。そこで、システム利用により得られた、オンラインワークショップを実施するための要件を以下に整理する。

- CUDの前提知識の提供

- CUDについて意見を投稿する際の3次元空間の状態の記録
- 3次元空間において注目すべき箇所や、利用者が意見を投稿した箇所などの吹き出しによる表示
- 複数の参加者が同時に利用する場合、自分と相手の複数画面の表示
- オンラインワークショップを同期型で行う場合のチャット機能
- プラグインにおけるITリテラシーが低い利用者への配慮

5. おわりに

本研究では、一般色覚者が色弱者の見え方を体験しCUDの知識を得るために、歩行空間におけるCUD支援システムを開発した。システムでは、歩行空間の3次元空間データを整備し、3次元CGにより色弱者の見え方を体験する機能を実装した。CUD実践の場を「UD教育(専門教育)」と「まちづくりワークショップ」とし、岩手県盛岡駅前をフィールドとしてシステムを利用した結果より、これらの場面で利用できる可能性が高いことが示された。ただし、システムの操作性とオンラインワークショップの機能に課題が残った。

一般色覚者はこれまで色弱という言葉は知っていても、色弱者がどのように見えるかを理解していなかった。一方、色弱者は自分がどのように見えているか、何が見えづらいかを伝える術を持っていなかった。本システムによって歩行空間でのCUDを可視化することで、両者がお互いを正しく理解することを支援できる。

今後、システムはUD専門教育の授業や、岩手県H市とS町のまちづくりでCUD知識を学ぶために利用される予定であり、これらの実証によりCUD実践の知見を得ることを考えている。

謝辞 本研究の遂行にあたり、岩手県立大学社会福祉学部「生活環境デザイン論」の受講生およびもりおか障害者自立支援プラザの大信田信統所長にご協力いただいた。また、本研究の一部は、岩手県立大学全学研究費連携研究によって行った。

参考文献

- 1) カラーユニバーサルデザイン機構：カラーユニバーサルデザイン，ハート出版(2009)。
- 2) 石川県工業試験場，金沢美術工芸大学，カラーユニバーサルデザイン機構：カラーユニバーサルデザインガイドライン ひとにやさしい暮らしづくり(2009)。
- 3) 高橋正良，川原克美，加藤耕一郎：協働による自転車まちづくり，国土交通省北陸地方整備局資料，http://www.hrr.mlit.go.jp/library/kenkyukai/H21/0729/29_kurashi/07_niikoku.pdf (参照 2010.5.7.)
- 4) 国土交通省：自律移動支援，<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/jiritsu/index.html> (参照 2010.5.7.)

- 5) 後藤浩一, 松原広, 深澤紀子, 水上直樹: 駅環境における携帯端末を用いた視覚障害者向け情報提供システム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.12, pp.3256-3268 (2003).
- 6) 矢入(江口)郁子, 猪木誠二: 高齢者・障害者の移動を支援するユビキタスシステム研究と成果の技術移転, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.770-779 (2007).
- 7) 宮澤佳苗, 中内茂樹, 篠森敬三: カラーユニバーサルデザインツールとしての色弱模擬フィルタ, 日本色彩学会誌, Vol.32, No.1, pp.31-36, (2008).
- 8) Jefferson, L. and Harvey, R., Accommodating Color Blind Computer Users, *Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, ACM, pp.40-47 (2006).
- 9) 須長正治: 色覚バリアフリーデザイン支援ツールと教材の開発, 日本色彩学会誌, Vol.32, No.1, pp.37-43 (2008).
- 10) 阿部昭博, 狩野徹, 大信田康統, 小田島直樹, 宮井久男: 住民参加型アプローチによるユニバーサルデザイン活動支援システムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.3, pp.753-764 (2005).
- 11) 小林英嗣, 地域・大学連携まちづくり研究会: 地域と大学の共創まちづくり, 学芸出版社 (2008).
- 12) MapCube, <http://www.mapcube.jp/index1.html> (参照 2010.5.7.)
- 13) SOLA5, <http://www.eee-craft.com/sola> (参照 2010.5.7.)
- 14) 関博之, 窪田諭, 市川尚, 狩野徹, 阿部昭博: 歩行空間におけるカラーユニバーサルデザイン支援システムの開発, 情報処理学会第 72 回全国大会講演論文集, 6ZM-7 (2010).
- 15) 窪田諭, 曾我和哉, 佐々木敬志, 瀧澤寛之, 深田秀実, 阿部昭博: 地域 SNS を核とする住民参加型 GIS の開発とその活用モデルの提案, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.18, pp.457-460 (2009).