

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 27 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500658

研究課題名(和文)低分解能感覚系経由で三次元空間を高精度に認識させる視覚障害者用空間認識装置の研究

研究課題名(英文)Research of a Space Recognition System for the Visually Impaired that Makes a High Precision Recognition of Three-dimensional Spaces through Human Sensory Systems of Low Resolution

研究代表者

鈴木 寿(SUZUKI, Hisashi)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：10206518

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文):視覚障害者用空間認識装置は(1)細かい形状、(2)歩行接近時早期に検知できるほうが望ましい鉛直方向の障害要因、(3)接触検知にはなじまない障害物、などを効果的に検知できる必要がある。視覚障害者用空間認識装置の構成要素であるステレオ撮像装置のコンパクト化に成功し、同じく構成要素である情報処理装置の中心をなすところの、撮像装置を問わず任意のステレオ画像からDPマッチングを利用して高速かつ高信頼性で視差を算出できる独自のソフトウェアエンジンを創出し、医療分野へのスピノフ(裸眼多視点三次元表示)の展開も図った。社会還元を考慮し特殊な撮像装置の代わりに市販のレーザレンジファインダも利用できるか展望した。

研究成果の概要(英文):A space recognition system for the visually impaired needs to detect (1) effectively fine shapes, (2) the barrier factors in vertical direction desired to be detected early when approaching by walk, (3) obstacles being not suitable for detection by contact, etc. Downsizing of stereo imaging device that is a component of the space recognition system for the visually impaired became success. An original software engine, forming a core of information processing system as another component, that can calculate disparities from arbitrary stereo images in high speed and high reliability by using a DP matching regardless of imaging devices was created. Furthermore, expansion of spin-off (glasses-free multi-viewable three-dimensional displaying) into the medical field was tried. In consideration of return to society, the availability of the laser range finders instead of the special imaging devices that are on public sale was viewed.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：視覚障害者用空間認識装置 鉄道駅事故防止 ステレオ撮像装置 DPマッチングエンジン 三次元内視鏡 レーザレンジファインダ ハフ変換 裸眼多視点三次元表示

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 研究を開始した平成23年度頃は、鉄道駅のプラットフォームにおける事故が社会的に注目されていた。都市環境に住む視覚障害者は、ホームドアの設置されていないプラットフォームに限らず、都市環境特有の事故の危険に常時さらされている。視覚障害者の支援装置は①細かい形状（僅かな段差、誘導用ブロックや石畳など）  
②歩行接近時早期に検知できるほうが望ましい鉛直方向の障害要因（階段〔図1参照〕やプラットフォームの縁など）  
③接触による検知にはなじまない障害物（接触検知から漏れやすい棒など〔図2参照〕、接触厳禁の動いている電車など）を効果的に検知できる必要がある。



図1 早期検知が望ましい階段  
図2 接触検知困難なスライドベルト

(2) ところが、通常の白杖には項目(1)①については細かい形状を把握することが本質的に困難、②については階段やプラットフォームの縁などを早期に検知することが困難、③についてはもともと想定外などの欠点がある一方、超音波方式白杖（仮想的に長く伸びる白杖）にも①については細かい形状を把握することが本質的に困難、②③については超音波の反射が不安定などの欠点があり、これらの事実はいわゆる点情報を収集する方式の限界を暗示している。

(3) 以上の問題を抜本的に解決するため、いわゆる面情報を収集するカメラ方式白杖について研究を進める必要がある。

## 2. 研究の目的

(1) 従来、視覚障害者（以下、単にユーザと呼称）への支援を意図しての距離データを用いた空間認識装置については諸研究がなされており、空間の三次元情報をなるべく損失なくユーザへ投入することが試みられてきた。だが、人間の聴覚系や触覚系の情報伝達速度は視覚系のそれに比べて格段に遅く、いかに豊富な情報をユーザに投入してもユーザが空間を正確に認識できるわけではない。

(2) 本研究はいわゆる逆転の発想により、空間の三次元情報の中からユーザに有用な情報のみを抽出し、触覚や聴覚などの比較的低い分解能の感覚器に適合した一次元情報へと効

果的に縮約することによりユーザに三次元空間を高い信頼性で認識させ得るような新たな視覚障害者用空間認識装置を創出することを目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 視覚障害者用空間認識装置はステレオ撮像装置、情報処理装置、出力装置（スピーカや振動機能付のゲームパッドなど）、および設定切替手段（PCのキーやゲームパッドのボタンなど）からなる。

(2) 技術的中心をなすステレオ撮像装置の研究方法は、次のとおりである。（研究組織は研究代表者のみからなるが、研究進行の局面に応じて本研究課題の趣旨への賛同者による研究協力を受けた。）

①平成23年度は、大学院生と共にステレオ撮像装置を試作する方法をとった。

②平成24年度は、企業からの無償協力を得て、企業と共に、ステレオ撮像装置をコンパクト化すると同時に汎用化する方法をとった。

③平成25年度は、ステレオ撮像装置についてはスピンオフとして工業用・医療用の三次元内視鏡への発展が見込めるため、もっぱら実用化開発を目的とする別予算下で完全デジタル化することとし、できあがったデバイスを本研究課題の趣旨に沿ってステレオ撮像装置として利用する方法をとった。

(3) もう一つの技術的中心をなす情報処理装置の研究方法は、次のとおりである。

①平成23年度時点で、応募時の研究計画調書に記載のとおり、本研究課題が想定するスキームを記載した特願2010-125662は公開済みである。そこに原理だけは記載してある三次元空間再構成の要素技術となるDPマッチングエンジンのソフトウェアを実際に作成し、実用化に際して生じ得る諸問題を漸次解決しつつ、高速かつ信頼性の高いものとなるようスパイラル的に改良する方法をとった。

②当初はDPマッチングエンジンをハードウェア化することを想定していたが、一般的なPC上のソフトウェアとして汎用的に使える見込みが立った後は、もっぱらソフトウェアとしての性能向上に努める方法をとった。

③平成25年度は更なる社会還元を目指し、特殊なステレオ撮像装置を必要としない空間認識装置への展望を追求する研究に着手した。大学院生の協力を得つつ、世の中にはまだないソフトウェアを試行錯誤的に作成しつつ使用感を試す方法をとった。

## 4. 研究成果

(1) 当初、研究計画調書に沿ってステレオ撮像装置および情報処理装置その他からなる視覚障害者用空間認識装置を試作した。

①ステレオ撮像装置は平行等位に取り付けら

れた主カメラと副カメラを備え、対象物を撮像した二つの画像を情報処理装置に転送する。情報処理装置は画像入力用インタフェース、注目領域設定部、ステレオマッチング部、距離算出部、代表値導出部、および出力信号生成部から構成され、ステレオ撮像装置から対象物までの距離（奥行距離と呼称）をステレオ視法により算出し奥行の代表値に応じた周波数の周期信号をユーザにスピーカ経由で伝達する。これらを、一般的なPCその他を用いて、まずは手作りにより実装した。

②視覚障害者にとっては極限環境ともいえる鉄道駅のプラットホームにおける事故その他を意識しつつ、屋内外のいろいろな障害物を対象として装置の使用感を試した結果、都市空間における事故を防止するためには、細かい形状（僅かな段差、誘導用ブロックや石畳など）、歩行接近時早期に検知できるほうが望ましい鉛直方向の障害要因（階段やプラットホームの縁など）、接触による検知にはなじまない障害物（接触検知から漏れやすい棒などや、接触厳禁の動いている電車など）を効果的に検知できる必要があることを再認識した。

③そのためには、当初計画によるステレオ撮像装置の形状、すなわち、細長い円柱状の筐体の両端に二つのカメラが取り付けられた形状Aよりも、通常の白杖をやや短くしたものの先端部に二つのカメラが取り付けられた形状Bが適切であることがわかった。そこで、世の中で最も小型なカメラと考えられる内視鏡を並行に二本束ねることにより形状Bを試作したところ、独自のDPマッチングエンジン（後述する項目(3)参照）の効果もあり、かなり精細な三次元空間が得られた。

④視覚障害者用空間認識装置としての公開は完成度を高めたうえで行うこととし、市販されている内視鏡を二本束ねた三次元内視鏡の試作品を用いて社会インパクトを考慮しつつ口内の三次元空間の再構成に成功した旨を速やかに公開した（項目5〔その他〕②参照）。

(2) 当初の成果を積極的に公開したところ、本研究課題の趣旨に賛同した精密加工技術を有する企業から無償協力の申し出があり、ステレオ撮像装置のコンパクト化に成功した。

①ステレオ撮像装置（図3、4参照）は、先端側の直径が1.7cm、ケーブルの接合部まで含めた全長が約25.5cmの細長い円筒形状で、先端側の半分が放熱しやすいようにアルミニウム、また把持側の半分が熱くならないようにステンレスからなり、先端部の側面には鉛筆の芯の太さ程度の超小型レンズが二つ埋め込まれCMOS撮像素子が後置されている。

②独自のDPマッチングエンジンが高性能でありスピンオフとして工業・医療用の三次元内視鏡としてのハイエンド使用を見込みステレオ撮像装置上で二つのカメラ間の距離を狭めたことに伴い、撮像時の振動による影響を排除するため、ステレオ撮像装置と振動装置とを一体化させない形態に変更した。



図3 コンパクト化したステレオ撮像装置



図4 ステレオ撮像装置の頭部（左側の穴にある二つの小円はレンズ、右側の穴にある白色矩形は試行錯誤により不要となった穴に付けたLED）

(3) ステレオ撮像装置により得られたステレオ画像（主カメラ画像および副カメラ画像）に限らず、撮像装置を問わず任意のステレオ画像からDPマッチングを利用して高速かつ高い信頼性で視差を算出できる独自のソフトウェアエンジンの開発に成功した。

①このDPマッチングエンジンを用いてステレオ画像から主カメラ画像の各画素  $(x, y)$  に対する奥行距離  $p(x, y)$  を算出することにより奥行データ (depth data) が得られる一方、主カメラ画像から各画素  $(x, y)$  に対するRGB値  $(r(x, y), g(x, y), b(x, y))$  すなわち表面データ (surface data) が得られる。画素  $(x, y, p(x, y))$  に対するR値として  $r(x, y)$  を割り当てる一方  $z \neq p(x, y)$  なる画素  $(x, y, z)$  に対するR値として0を割り当て、G値、B値についても同様に割り当てることにより、ステレオ撮像装置で観察した三次元空間が再構成される。

②このDPマッチングエンジンは、 $320 \times 240$  画素の画像二つを対にしたステレオ画像 ( $640 \times 240$  画素からなるフレーム) をインテル Core i7-2670QM（動作周波数2.2GHz、主記憶容量4GB）により毎秒30フレーム以上処理できる。Middlebury Stereo Datasetsの六つの典型的な画像において正しくマッチングできない率は20画素中1画素程度に過ぎない。

③以上のようにして得られる三次元空間は、まだコンピュータ用ディスプレイとして実用化はされていないものの、ホログラムディスプレイにも表示できる。事実、項目①にて定めたR値を  $I_R(x, y, z)$  と表すとき、物体光は

$$O(\xi, \eta) = \frac{j}{\lambda} \iiint_{-\infty}^{\infty} l_R(x, y, z) \frac{e^{-j\frac{2\pi r}{\lambda}}}{r} dx dy dz$$

(ここに  $r = \sqrt{(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + z^2}$ ) により、参照光は

$$R(\xi, \eta) = \max_{\xi, \eta} |O(\xi, \eta)| e^{j\frac{2\pi\eta \sin \theta}{\lambda}}$$

により、また干渉縞は  $I(\xi, \eta) = |O(\xi, \eta) + R(\xi, \eta)|^2$  により算出でき、G 値、B 値についても同様に算出できる。以上は、実用化されていないホログラムディスプレイ上で実験したのではなく、原理を示したものである。

(4) 視覚障害者用空間認識装置のスキームを海外にて発表した。

①ステレオ画像に対して注目領域(スリット状態)を設定し、ステレオ視法により奥行距離を算出し、注目領域内の代表値(平均値や最小値など)を得て、その値に応じた周波数の周期信号を出力するスキームを、海外の学術会議にて発表した(図5参照)。

#### スリット状態を用いた視覚補助のためのステレオカメラ距離計

宇藍木 修一<sup>1</sup>, 鈴木 寿<sup>2</sup>, 片井 均<sup>3</sup>

<sup>1</sup>情報工学科, サレジオ工業高等専門学校, 東京, 日本

Eメール: shuntsgt@gmail.com

<sup>2</sup>情報工学科, 中央大学, 東京, 日本

<sup>3</sup>胃外科, 国立がん研究センター中央病院, 東京, 日本

日本における科学研究費補助金基盤研究(C) 23500658 の助成下で(株)金子製作所と共同開発した視覚補助のためのステレオカメラ距離計(図1参照)は、ステレオ画像の各コマを撮影し、実時間ステレオ照合のための動的計画法(DP)を適用することにより奥行画像を推定し、奥行画像上の矩形窓内の奥行の平均値のような代表値を計算し、代表値を肌・耳上の振動の周波数へと変換する。

例えば、広い窓内の奥行の最小値は最も近い障害物(図2における中央[赤:近い, 青:遠い]参照)を検出できる一方、奥行の最大値は何かの穴を検出できる。狭い窓内の奥行の中央値は、任意の障害物までの正確に目標を定めた距離を測定できる(図2における右側を参照)。



図1. 視覚補助のためのステレオカメラ距離計。

図2. 左: 階段; 中央: 広い窓内で最も近い障害物を検出; 右: 狭い窓内の中央値として正確に目標を定めた距離を計測。

スリット状態内の奥行の平均値はスリットの長軸に沿って奥行の任意分布を平滑化する傾向にあり、この性質は文化的生活における線状構造物の線を検出することを容易にする(図3および図4参照)。

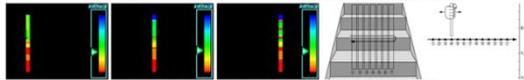


図3. 階段の水平窓は垂直スリット状態内の平均値を微小変動させる。

図4. 階段の垂直窓は水平スリット状態内の平均値を大幅変動させる。

ステレオ照合のための DP [1] の性能は、奥行推定の正確度と処理時間とを含む。著者のアルゴリズムは、インテル Core i7-2670QM (2.2GHz, 4GB) を用いて毎秒 30 フレーム以上を処理できる。ここに、各フレームは 320×240 を倍にしたステレオ画像からなる、Middlebury Stereo Datasets における階段、ピナース、コーン、テディ、地図、および橋と呼ばれる典型的な画像に対し平均で正解率は 94.4% に達する。

#### 参考文献

1. L.Wang, M.Liao, M.Gong, R.Yang, and D.Nister, "High-Quality Real-Time Stereo Using Adaptive Cost Aggregation and Dynamic Programming," Proc. of the Third International Symposium on 3D Data Processing, Visualization, and Transmission, pp. 798-805 (2006).

本稿は「Shuichi Utsugi, Hisashi Suzuki, and Hitoshi Kawai, "Stereo Camera Range Finder with a Slit-like Window for Visual Aid," the Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR) 2013, 3D Research, p. 7, Ramada Jeju, Korea, June 24-28 (2013)」の和訳です。

#### 図5 CC3DMR 2013 予稿集原稿の随意和訳

②当スキームにより、細かい形状、歩行接近時早期に検知できるほうが望ましい鉛直方向の障害要因、接触による検知にはなじまない障害物のいずれも、時間を掛けさえすれば認識可能である。(対象物への接触が必要な通常の白杖や点情報しか得られない超音波白杖を用いては、本質的に認識困難ないし認識不能である。)ただし、多数の人々を対象に認識感等を定量的に調査するまでには至っていない。

(5) 助成金を有効に活用しつつ相乗効果を創り出すため、医療分野へのスピノフの積極的展開を図った。

①独自の DP マッチングエンジンが極めて高性能なため、実際の外科手術が撮影されたステレオ動画に適用したところ、ステレオ画像の各フレームから奥行データ(図6参照)と表面データ(図7参照)が得られ、裸眼立体視ディスプレイ Philips 42-3D6W0200 上で臨場感ある裸眼多視点三次元動画として手術の様子が観察できることを確認した。

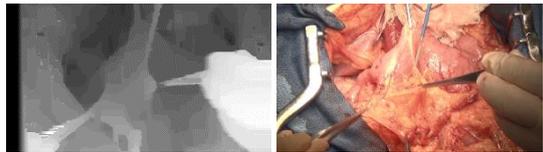


図6 奥行データ

図7 表面データ

②複数の医療従事者を対象として個別に見てもらい臨場感や視認性などを聞取したところ、視野を十分に確保しにくい内視鏡による検査・手術や医療教育に適するのではないかという共通性のコメントが得られた。(ただし、多数の人々を対象に臨場感や視認性などを定量的に調査してはいない。)このコメントは、当初は(研究計画調査書において、関連性の乏しい研究業績を記載する水増し行為を避けるため)研究計画の前提とはしていなかった三次元内視鏡に関する特願 2010-213209 の実施例に、当 DP マッチングエンジンを帰着させ得ることを意味する。そこで、もっぱら視覚障害者用空間認識装置としての社会還元にとどまらず、工業用・医療用三次元内視鏡としての社会還元との相乗効果を創り出すため、項目(4)にて言及したように視覚障害者用空間認識装置として海外発表する一方、国内では(海外に対するわが国の優位性を確保すべく)イノベーション・ジャパン等を通じてカメラ方式白杖としても三次元内視鏡としても汎用的に活用できることを積極的に公開した。

③以上に関連し、本研究課題のスピノフとはいえ内視鏡としてのステレオ撮像装置の実用化開発は本研究課題の趣旨から外れるため、最終年度の平成 25 年度に協力企業は世界初の完全デジタル方式ステレオ撮像装置を本研究課題と並行して実用化開発するに至る。こうして本研究課題の成果を囲い込まず一部を自然な形で技術移転して社会還元し、本研究に再び取り込んだ。(ステレオ撮像装置のコンパクト化に際しては元より無償協力を受けているものであり、研究費の目的外使用には当たらないことを念のため注記しておく。)

④高性能な独自の DP マッチングエンジンは貴重な一大成果ゆえ、わが国の国際貢献を意図して、研究期間後の活動とはなるが、医療機器に関する最新技術が商用展示される MEDTEC Europe 2014 において、学術資料として動画データを無償配布する(図8参照)。

## Aren't You Interested in a Glasses-Free Multi-Viewable 3D Movie of Actual Surgery?

Remote (offline) demonstration of a multi-viewable 3D movie of actual surgery is possible if your institute has a lenticular display of the same model "Philips 42-3D6W0200" as in our laboratory.

Feel free to contact:  
hisashi.suzuki@kuleuven.be (until 30/03/2015)  
suzuki@ise.chuo-u.ac.jp (after 31/03/2015)

Hisashi Suzuki, Prof.  
Department of Information and System Engineering  
Chuo University  
Tokyo 112-8551, Japan



Arbitrary 3D spatial data are efficiently observable through lenticular displays with multi-view rendering engines, head mounted displays with position and attitude sensors, etc., and glasses-free multi-viewable 3D movies may be familiar in case of artificial computer graphics.

By the way, have you ever seen any GLASSES-FREE MULTI-VIEWABLE 3D movie of ACTUAL SURGERY?

Our original DP-matching software engine\* can compute in real-time the depth images from stereo images, and it is applicable to realizing a next-generation 3D endoscope system such that surgery staffs can watch for an identical large 3D display from respective viewing directions for cooperative tasks. The glasses-free multi-viewable 3D movie of actual surgery shows the performance of this engine.

Chuo University RELEASED the corresponding publication (JP, 2012-065851, A) so that everybody can use this technology FREE.

\* The related research is under cooperation between Chuo University and National Cancer Center in Japan, and the copyright of the multi-viewable 3D movie data is with National Cancer Center and Chuo University. The related research is under cooperation between Chuo University and Kaneko Manufacturing Company in Japan, and the patent(s) on manufacturing endoscope devices are with Kaneko Manufacturing Company.

### 実際の手術の裸眼多視点3次元動画に、ご興味はありますか？

もし貴機関が当研究室と同一型のレンチキュラー方式ディスプレイ「フィリップス42-3D6W0200」をお持ちでしたら、実際の手術の多視点3次元動画を遠隔（オフライン）にて演示可能です。お気軽にご連絡ください。

hisashi.suzuki@kuleuven.be (2015年3月30日まで)  
suzuki@ise.chuo-u.ac.jp (2015年3月31日より後)  
中央大学理工学部情報工学科 教授 鈴木 尚

任意の3次元空間データは、多視点レンダリングエンジンを備えたレンチキュラー方式ディスプレイや、位置・姿勢センサーを備えた頭部装着ディスプレイ(HMD)などにより効果的に観察でき、裸眼多視点3次元動画は人工的なコンピューターグラフィックスの場合はお馴染みかもしれません。

ところで、実際の手術の裸眼多視点3次元動画をご覧になったことはありますか？

当方独自のDPマッチングのソフトウェアエンジンは、ステレオ画像から実行画像を実時間で計算でき、手術スタッフによる協同作業のため一台の大型3次元ディスプレイを複数の視点から見守れるような次世代3次元内視鏡システムの実現に応用できます。実際の手術の裸眼多視点3次元動画が当エンジンの性能を示しています。

対応する特許2012-065851は解放しており、当技術はどなたも自由にご利用できます。

※ 関連研究は中央大学と国立がん研究センターとの共同下であり、多視点3次元動画データの著作権は国立がん研究センターおよび中央大学に帰属します。関連研究は中央大学と金子製作所との共同下であり、内視鏡装置の製造に関する特許は金子製作所に帰属します。

図8 裸眼多視点3次元動画の配布資料

⑤ 3次元空間が再構成できれば、二次元画像では困難な空間加工が容易になり検査・手術・教育等への応用が期待できる。例えば図9にて便宜的に青色曲線で囲んだ部分を膨らませれば図10が得られる。(図9の左上に見える血管が図10では隠れる点に注意。)この展望的研究については、研究代表者指導下の前嶋直樹、ステレオ画像から再構成した3次元空間における生体組織のエンハンス表示、中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士論文、総48頁、2014年3月に詳述している。

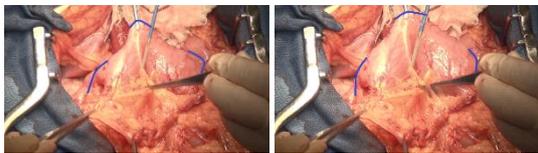


図9 未加工 図10 空間加工後

(6) 視覚障害者用空間認識装置の社会還元を考慮すると、特殊なステレオ撮像装置の代わりに市販の安価なレーザレンジファインダも転用できることが望ましい。この展望的研究については、研究代表者指導下の樋口大輔、ハフ変換を用いて縁端を鋭く検出する非接触式の視覚障害者補助装置の開発、中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士論文、総46頁、2014年3月に詳述している。

① ゲーム用レーザレンジファインダを頭部に装着し(図11参照)、その出力すなわち距離

データを情報処理装置に転送する。後者は画像入力用インタフェース、注目領域設定部、代表値導出部、および出力信号生成部から構成され、代表値に応じた周波数の周期信号を音およびゲームパッドの振動により伝達する。これらを一般的なPCを用いて実装した。

レーザレンジファインダ

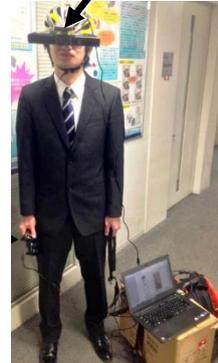


図11 レーザレンジファインダ方式

② 代表値導出部は、障害物表面形状の勾配を計算後、ハフ変換を適用して人工的構造物の特徴である直線を抽出する。直線の分布に特徴のある対象物の場合はそれが何かを識別できるかについて、ソフトウェアを作成することにより調べた(図12参照)。これは、人間の代わりに障害物を識別する将来のインテリジェント白杖の重要なヒントとなり得る。



図12 階段を識別した例(ハフ変換にて抽出した直線群から階段固有の繰返構造を手掛かりに階段の縁のみを抽出するソフトウェアを作成)

③ 中央大学理工学部3号館8階にある四基のエレベータに面したホール(図13参照)にて、腰の高さのスライドベルト(図2参照)、これと同型な胸の高さの棒状構造物、腰の高さのスタンドポール、および音楽を流す機器(目標位置)を適宜配置し歩行実験をおこなった。



図13 歩行実験の場所の概観 図14 歩行経路を上から見た図

④ 図14に示した例では、左端の大きな青い円が出発位置、右端のそれが目標位置を表す。

壁等（黒色の部分）以外の障害物（赤色の部分）として、ほぼ中央に、ポールスタンドを頂点としスライドベルトをV字型に配置することにより、通常の白杖や超音波方式白杖を用いた場合にはV字内に陥りやすくしてある。右方には棒状構造物を配置してあり、これも通常の白杖や超音波方式白杖では検知しにくい。青色曲線が歩行経路であり、青色小円は停留した位置を表す。約2m進むのに約1分間掛かっており、到底実用化には及ばないが、通常の白杖や超音波方式白杖には困難な「事前の回避」ができたことは、安価なゲーム用デバイスを用いても今後の改良により高性能な支援装置となる可能性を示唆している。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計3件)

- ① 鈴木 寿、宇都木 修一、片井 均、光学式白杖や側視鏡に活用できる裸眼3D表示システム、イノベーション・ジャパン2013～大学見本市&ビジネスマッチング～、医療 W-68、(独)科学技術振興機構、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構、東京ビッグサイト（東京国際展示場）、2013年8月29-30日  
<http://www.jst.go.jp/tt/fair/ij2013/index.html>  
※審査有、ブースにてポスターとステレオ撮像装置を展示しつつ独自のDPマッチングエンジンにより再構成した三次元空間を大型の裸眼視多視点三次元ディスプレイにて実演表示
- ② Shuichi Utsugi, Hisashi Suzuki, and Hitoshi Katai, Stereo Camera Range Finder with a Slit-like Window for Visual Aid, Abstracts of the Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR) 2013, 3D Research, p. 7, Ramada Jeju, Korea, 24-28 June 2013  
<http://www.cc3dmr.org/3D2013/>  
※招待、査読有、概要和訳は図5参照
- ③ 鈴木 寿、コンピュータ支援立体内視鏡のデモンストレーション、イノベーション・ジャパン2011-大学見本市、医療 W-11、(独)科学技術振興機構、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構、東京国際フォーラム、2011年9月21-22日、  
[http://www.innovation-japan.jp/exhibitor\\_datail.php?entry\\_id=en10186](http://www.innovation-japan.jp/exhibitor_datail.php?entry_id=en10186)  
※項目①と同様の形態

[その他]

ホームページ等

- ① 画像・映像コンテンツ演習  
[http://www.ise.chuo-u.ac.jp/ISE/outline/Gmajor/gazo\\_eizo/index.htm](http://www.ise.chuo-u.ac.jp/ISE/outline/Gmajor/gazo_eizo/index.htm)

※研究代表者の所属する中央大学理工学部情報工学科の2年次以上を対象に次世代のCGを創り出す映像系コンテンツエンジニアプログラムとして選択科目「画像・映像コンテンツ演習1～4」を実施することによりDPマッチングエンジンを活用できるソフトウェア技術者を継続的に育成している。なお当授業は日本工学教育協会より平成24年度工学教育賞（業績部門）および平成26年3月には経済産業省主催「社会人基礎力を育成する授業30選」を受賞している。

- ② コンピュータ支援3D内視鏡の試作  
<http://www.youtube.com/watch?v=9fjx9tFmCz4&lr=1>  
<http://www.youtube.com/watch?v=-CFtH8FbMvC&lr=1>  
※独自のDPマッチングエンジンのスピンオフを紹介した動画（和・英語音声版）

展示会

- ① 鈴木 寿、多視点ステレオ内視鏡システムの研究開発、第2回おた研究・開発フェア、45 環境技術 中央大学、(公財)大田区産業振興協会、大田区産業プラザ、2012年10月4-5日  
<http://www.ota-research2012.jp/index.html>  
※中央大学による出展の一部として

## 6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
鈴木 寿 (SUZUKI, Hisashi)  
中央大学・理工学部情報工学科・教授  
研究者番号：10206518
- (2) 研究分担者  
なし
- (3) 連携研究者  
なし
- (4) 研究協力者  
宇都木 修一 (UTSUGI, Shuichi)  
サレジオ工業高等専門学校・情報工学科・非常勤講師  
※中心となるDPマッチングエンジンその他に関する研究協力  
  
片井 均 (KATAI, Hitoshi)  
国立がん研究センター・中央病院胃外科・科長  
研究者番号：20169460  
※医療分野への応用に関する研究協力  
  
金子 晴房 (KANEKO, Harufusa)  
(株)金子製作所・社長  
※ステレオ撮像装置に関する研究協力