

# Hololens を用いた Wi-Fi 接続情報の可視化

小林 将弥<sup>1,a)</sup> 大澤 和哉<sup>1,b)</sup> 高野 保真<sup>1,c)</sup> 佐久田 博司<sup>1,d)</sup>

**概要**：近年、無線通信技術の発展・携帯型デバイスの一般化により、無線ネットワークの利用が高まっている。さらに、Internet of Things に代表されるように、これまでネットワークにつながっていなかった様々な機器がネットワークを構成することとなってきている。この流れに伴い、ネットワーク内の機器間の通信状況を把握しなければ、障害時における原因の解明が困難になりつつあるという問題がある。特に、Wi-Fi などの無線通信は電波であるので、現実の機器と通信状況の対応関係が容易には判別できない。そこで、本研究では、Microsoft®Hololens™ の Mixed Reality (MR) 技術を用いて、Wi-Fi の通信状況を可視化するアプリケーションを提案し、上の問題の解決を目指す。具体的には、Wi-Fi ルーターにおいて電波強度と通信速度を取得・蓄積し、Hololens でそれらの情報を対応する機器の位置に配置する。配置には Hololens の既存の機能を用いて、対応するルーターの位置をユーザーがあらかじめ設定することとする。現実の機器の位置に接続情報が表示されることで、通信状況の把握が容易になることを MR を用いない既存のアプリケーションと比較し、確認した。

キーワード：Mixed Reality, Wi-Fi, 可視化

## Visualizing Wi-Fi Information with Hololens

MASAYA KOBAYASHI<sup>1,a)</sup> KAZUYA OSAWA<sup>1,b)</sup> YASUNAO TAKANO<sup>1,c)</sup> HIROSHI SAKUTA<sup>1,d)</sup>

### 1. はじめに

近年、無線通信技術の発展・携帯型デバイスの一般化により、無線ネットワークの利用が高まっている。調査によると、無線 LAN 市場は 2016 年に 40 億円だった市場規模が、5 年後の 2021 年には 122 億円と約 3 倍となる予想もあり [8]、今後一層の拡大がみこまれる。特に、Internet of Things (IoT) に代表されるように、これまでネットワークにつながっていなかった様々な機器がネットワークを構成するようになり、それらのデバイスは常時接続状態である必要がある。この流れに伴い、ネットワーク内の機器間の通信状況を把握しなければ、障害時における原因の解明が

困難になってきているという問題がある。現状では、通信状況の表示用アプリケーション [2] [7] や特別な機器を使ってネットワークの状況を把握することが多いものの、それらの方法では物体としての機器と通信状況の対応関係が容易には判別できず、接続する機器の SSID によって間接的に接続関係を推定するしか方法がない。それぞれの機器の通信状況が適切に把握できないと、接続機器が増えていくにつれて、障害の解消にかかる時間や手間も増加し続ける。

そこで本研究では、Microsoft®Hololens™ の Mixed Reality (MR) 技術を用いて、Wi-Fi の通信状況を可視化するアプリケーションを提案し、上の問題点の解決を目指す。具体的には、Wi-Fi ルーターにおいて電波強度と通信速度を取得・蓄積し、Hololens でそれらの情報を対応する機器の位置に空間マッピング情報に基づいて配置する。空間マッピングについては 3.3 で述べる。配置には Hololens の既存の機能を用いて、対応するルーターの位置をユーザーがあらかじめ設定することとする。現実の機器の位置に接続情報が表示されることで、通信状況の把握が容易に

<sup>1</sup> 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科  
Department of Integrated Information Technology, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University, Sagamihara, Kanagawa 252-5258

a) a5815040@aoyama.jp  
b) a5815015@aoyama.jp  
c) takano@it.aoyama.ac.jp  
d) sakuta@it.aoyama.ac.jp



図 1 動作画面 (矢印タイプ)

Fig. 1 a screenshot of proposed application(Arrow type)



図 2 動作画面 (ビームタイプ)

Fig. 2 a screenshot of proposed application(Beam type)

なることを MR を用いない既存のアプリケーションと比較した。

## 2. 提案手法

### 2.1 概要

本研究は Hololens の MR 技術を用いて、Wi-Fi の通信状況を可視化するアプリケーションを提案する。Wi-Fi ルーターにおいて電波強度と通信速度を取得・蓄積し、Hololens でそれらの情報を対応する機器の位置に空間マッピング情報に基づいて配置する。

接続状況を矢印のオブジェクトで表すインターフェース (以後、矢印タイプと呼ぶ) とビームが飛ぶアニメーションで表すインターフェース (以後、ビームタイプと呼ぶ) の 2 つからユーザーが用途に応じて選択できる。図 1 と図 2 に Hololens で見た際の提案アプリケーションの動作画面のスクリーンショットを示す。いずれの図においても右上に表示されているオブジェクトがルーターの位置を示しており、それぞれの PC モニタの前に重ねて配置した箱のオブジェクトに各 PC とルーターの接続情報を表示している。

### 2.2 可視化方法の設計

本研究では矢印タイプとビームタイプの 2 つの可視化方法を実装した。どちらも通信状況は、電波強度と通信速度を表示する。まず、電波強度は PC の位置に置かれた箱のオブジェクトの色によって示す。赤、黄、青、緑の順で電

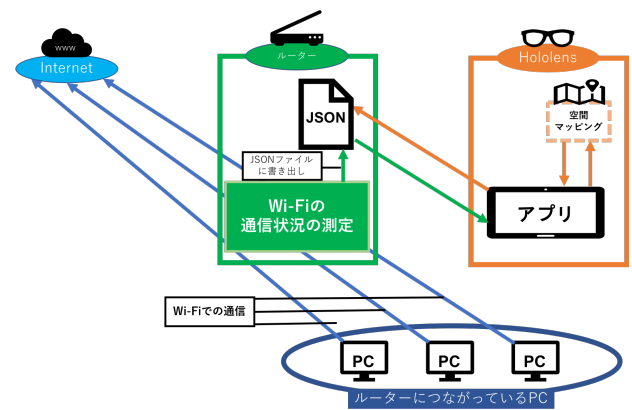


図 3 全体構成

Fig. 3 The overall structure of proposed system

波強度が強くなる。図 1 と図 2 では左の箱が黄、右の箱が青であり、ルーターに近いほど電波強度が高いことが分かる。

通信速度は、矢印タイプにおいては、通信速度を箱のオブジェクト内に文字情報として表示する。ここで、矢印に色をつけてしまうと、電波強度による色と判別しにくくなるため、矢印は無色とした。ビームタイプの場合は、箱のオブジェクト内に速度を表示するのに加えて、ビームの飛ぶアニメーションの頻度が通信速度によって変わる。

### 2.3 全体構成

全体構成を図 3 に示す。

各 PC が行う通信をルーターにおいて計測し、通信速度や電波強度などを取得する。それらのデータを、JSON 形式のファイルに書き出し、ルーター内に保存する。このように、通信状況をルーターで取得することにより、提案システムに接続する各 PC に情報取得のための特別なアプリケーションを用意する必要がない。そのため、Wi-Fi ルーターに通常どおり接続しさえすれば、提案システムで通信状況を管理できる。

Hololens 上に実装したアプリケーションは、ルーターに保存した JSON ファイルデータを取得し、空間マッピング情報に基づいて配置し、ガラスの視界内にオブジェクトを配置する。2.4 節で述べるように、ユーザーは手動でオブジェクトと実際の PC を対応づけて配置しておく必要がある。なお、一度配置されたオブジェクトは、Hololens のアプリケーション上で記憶されているため、起動時に再配置する必要はない。

### 2.4 MR 上のオブジェクトの配置

初回起動時には、Hololens 内にルーターと接続情報の表示されたそれぞれのオブジェクトが仮の位置に配置されているため、それぞれを実際のルーターや PC のある位置に配置する。オブジェクトを配置している際の様子を

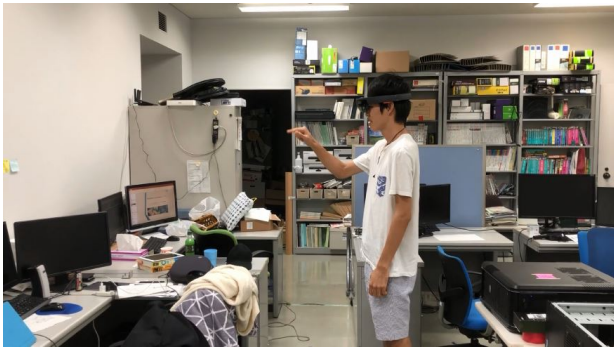


図 4 オブジェクトを配置している様子  
Fig. 4 Placing objects

図 4 に示す．ルーターや PC の実際の位置と，MR 上のオブジェクトの位置は，ユーザが次に示す手順によりジェスチャー操作などで指定する必要がある．具体的な配置の操作としては，まず，移動したいオブジェクトに視線を合わせ Hololens の前で指を折り曲げるジェスチャーにより選択状態にする．その後，指を移動させることでマウスのドラッグに近いイメージで，MR 上のオブジェクトの移動が可能である．オブジェクトを配置したい位置に指を持っていき，もう一度 Hololens の前で指を折り曲げるジェスチャーをすることで任意の場所に配置が可能である．配置後は Hololens の空間マッピング情報により，視線を動かしたり，Hololens を着けたユーザが移動してもオブジェクトは配置した位置に固定される．問題点として，現段階ではルーター，PC の位置を事前に把握しておいた上で，手動で配置しなければならない．この点に関しては，機器が増えた場合には負担となりうるので，今後，物体の画像認識を用いてルーターや PC の位置を認識し，オブジェクトの配置を補助する機能を導入予定である．

### 3. 実装

#### 3.1 処理手順

全体の処理手順を図 5 に示す．router\_get.info と router\_Holo\_inter は同じルーターである．内部の情報取得側とアプリケーションと通信する側を図 5 内で分ける便宜上のためにこのようにした．ユーザーが Hololens のアプリケーションを起動すると，アプリはルーターに最新情報を要求し取得する．図 3 で示したように，ルーターは常に外部への通信状況を取得し保存しており，アプリケーションの要求があった時点での通信状況を Hololens に返す．Hololens は，取得した情報を元に矢印や箱などのオブジェクトを生成し，MR 上でユーザーに情報を提示する．また，アプリケーションは 3 秒ごとにルーターに通信状況を要求・取得しインターフェースに反映するのでリアルタイムに状況を確認することが可能である．

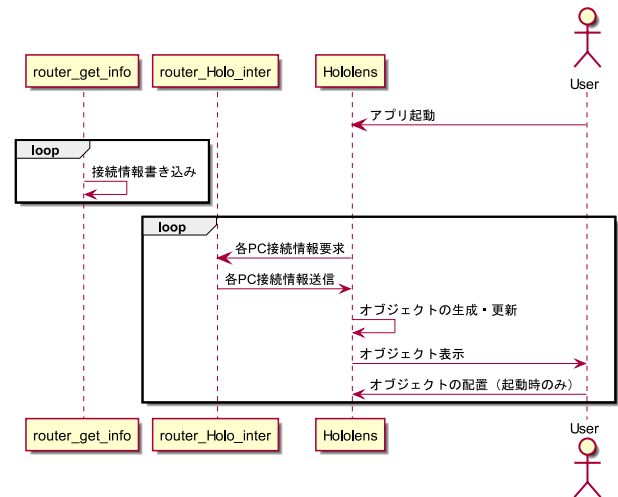


図 5 シーケンス図

Fig. 5 The overall sequence of proposed system

```
{
  "machines" : [
    {
      1つ目の PC 接続情報
      "MAC": "xx:xx:xx:xx:69:00", // Mac アドレス
      "Interface": "ath1",
        // ルーターの接続インターフェース
      "Uptime": "3:58:15", // 接続時間
      "TXRate": "117M", // 送信速度
      "RXRate": "16M", // 受信速度
      "Info": "HT20", // 使用帯域
      "Signal": -62, // 信号強度
      "Noise": -95, // ノイズ量
      "SNR": 33, // 信号対雑音比
      "SignalQuality": 391
        // 接続情報から求めた Wi-Fi 通信の品質
    },
    2つ目の PC 接続情報
    ...
  ]
}
```

図 6 ルーターで保持する JSON ファイル

Fig. 6 The structure of information measured by the router

#### 3.2 通信状況の取得

本研究では，DD-WRT を導入したルーターを用いる．DD-WRT [6] は無線 LAN アクセスポイントなどの組込みシステム用 Linux ディストリビューションであり，接続しているルーターごとに，接続デバイスの MAC アドレス，接続時間，送信時通信速度，受信時通信速度，電波強度，ノイズ量などの豊富な情報を取得することができる．通信速度は，一定時間内にルーターを通過するパケットから計算している．

図 6 にルーターで保存する JSON ファイルの例を示す．現在は 1 秒ごとに情報を更新している．表示できる PC の数に上限はない．各 PC に対応するオブジェクトには，全ての情報を文字として表示し，矢印とビームの色は RxRate

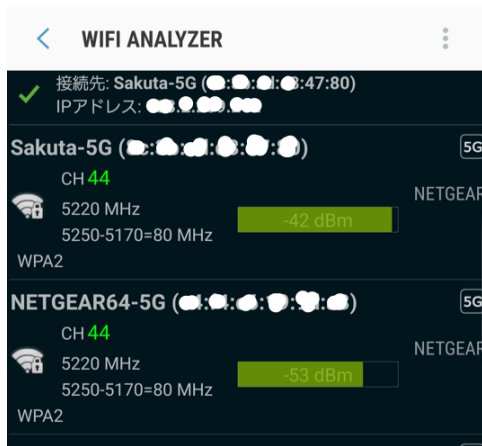


図 7 WiFi Analyzer 実行画面  
Fig. 7 WiFi Analyzer execution screen

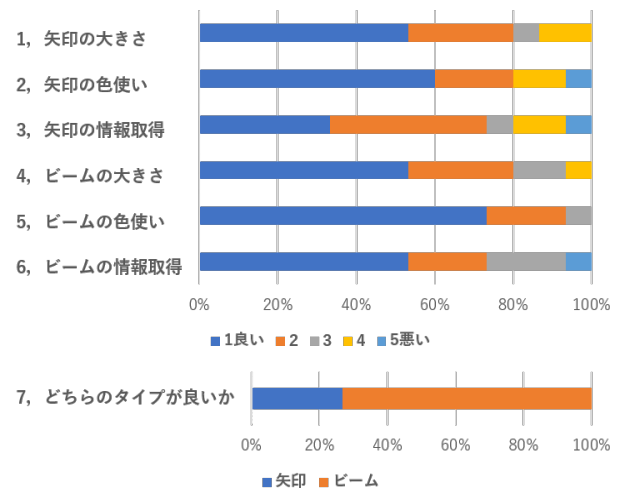


図 8 インターフェースについてのアンケート結果  
Fig. 8 result of survey on interfaces

と SignalQuality を反映する。

### 3.3 Hololens の空間マッピングの利用

本研究では空間上にオブジェクトを配置するために、Hololens の空間マッピング技術と World Anchor の機能を使用している。空間マッピング技術は Hololens に搭載されているセンサー等を使用して周辺環境の 3D マップを作る機能であり、スキャンした空間情報は一定の単位に分割してデバイス内に保存されている。空間の認識はしているが、物体認識まで行わない。World Anchor は、ユーザの視線が移動してもオブジェクトが指定した位置にとどまるために、他の World Anchor や静止座標系に対して調整される座標系を有している。これによって Hololens のアプリケーションは、セッションをまたいで現実世界の同じ座標を利用することが可能である。この二つの機能を使用することで Hololens を装着した人物が移動しても指定された位置にオブジェクトを表示し続けることが可能である。

## 4. 評価

### 4.1 WiFi Analyzer との比較

既存の WiFi 管理ツールの中で多くの情報を表示可能な Android のアプリケーションである WiFi Analyzer[2] と提案システムを比較する。図 7 に WiFi Analyzer[2] の実行画面を示す。WiFi Analyzer の実行時には、その Android 端末が受信できる全 SSID について、使用周波数帯、チャンネル、電波強度といった情報を得ることができる。

表 1 に WiFi Analyzer との比較を示す。

アプリケーションの対応デバイスは提案システムは Hololens であり、WiFi Analyzer は Android 端末であれば使用が可能である。この面では、スマートフォンで実行できる WiFi Analyzer のほうが導入が容易である。しかし、本研究では、スマートフォン上の AR アプリケーショ

ンとして実装する設計を選ばなかった。それは、IoT など大量の機器を接続しなくてはならない場面において、スマートフォンをかざすよりもグラス型の利点により両手が使えることの意義を重視したためである。

通信速度については、ルーターを通過したパケットから実測値を求め、実際の通信状況を反映したものである。つまり、Wi-Fi に接続した状態であっても、何らかの理由により通信が行えていなければ、通信速度に反映されるため、通信の不具合を検知できる。また、提案システムでは、電波強度を 4 段階の色に分けて、PC の位置に表示するため、視認性が高い。

接続したい Wi-Fi を探す場合には、図 7 のように複数の SSID から適当な Wi-Fi ネットワークを探することができる WiFi Analyzer が向いているといえる。それぞれの SSID に対して、電波強度、通信速度、チャンネルといった情報を表示することができる。提案システムは、そのような用途での利用は考えておらず、配置済みの PC や IoT 機器の通信状況の確認を対象としている。また、複数の Wi-Fi を同時に MR 上に可視化すると、表示すべきオブジェクトが多く、視認性が下がると考えられるため、現状では単一の SSID のみを対象として可視化を行っている。

### 4.2 提案システムのインターフェースに関するアンケート

提案システムに関して矢印タイプ (図 1) とビームタイプ (図 2) のどちらが接続情報を確認するうえで効果的かをユーザーアンケート調査した。アンケート内容を表 2 に示す。

男女 15 人に、提案システムを利用して、あらかじめ配置された MR オブジェクトの通信状況を確認してもらった。1 から 6 の項目に関しては 1 (良い) ~ 5 (悪い) で評価した。質問 1 から 7 の結果を図 8 に示す。図 8 中の左の数字は表 2 の質問番号と対応している。また、質問 8

表 1 提案システムと WiFi Analyzer との比較

Table 1 Comparison between proposed system and Wi-Fi Analyzer

	提案システム	WiFi Analyzer
対応デバイス	Hololens	Android 端末
通信速度	UI 上での文字表示 (mb/s 単位) / ビームの飛ぶ頻度	理論値のみ
電波強度	MR 上のオブジェクトの色	dB/m 単位の文字情報
現実の PC と情報の紐づけ	○	×
複数 SSID への対応	Wi-Fi の切り替えが必要	同時に確認可能

表 2 インターフェースについてのアンケート

Table 2 Survey on interfaces

項目
1. 矢印タイプの矢印の大きさはどうでしたか
2. 矢印タイプの色使いはどうでしたか
3. 矢印タイプで直感的に情報の取得はしやすかったですか
4. ビームタイプのビームの大きさはどうでしたか
5. ビームタイプの色使いはどうでしたか
6. ビームタイプは直感的に情報の取得はしやすかったですか
7. 矢印タイプとビームタイプのどちらが良かったですか
8. 7で選んだタイプを選んだ理由を記述してください

の結果を抜粋したものを表 3 に示す。

質問 1 から 6 の結果から矢印タイプ (図 1), ビームタイプ (図 2) 共にインターフェースの面では良いという評価が大半であった。矢印タイプの良い点は、接続されている PC とルーターが一目で分かる点、悪い点は通信速度が文字を見ないと確認できない点であった。ビームタイプの良い点は、ビームに動きがあるので通信速度が分かりやすい点、悪い点はビームを目で追わなくてはならないので目に少し負担がある点であった。2つを比べると矢印タイプが矢印が表示されるのみという静的なものであったのに対し、ビームタイプはルーターから箱までビームが飛ぶという動的なものであるので直感的に分かりやすいという結果が質問 7 と 8 で示された。

以上の結果から矢印タイプは電波強度・通信速度の確認にはある程度の時間はかかるものの負担は少ないため、通信障害の際の通信状況の確認などの時間がかかる作業に適していると考えられる。また、ビームタイプは情報の確認は一目でできるものの目に少し負担がかかるため、対象のルーターに対する接続数が少ない場合に適していると考えられる。

## 5. 関連研究

MR, Augmented Reality (AR) は Virtual Reality (VR) とは異なり現実世界の情報を反映させることができる。しかし、この二つは主体が異なり、MR は仮想世界を現実世界に重ね合わせて体験できる技術であり、仮想世界が主体である。それに対して、AR は現実世界に仮想現実を反映させる技術であり、現実世界が主体である。本研究では、Wi-Fi の接続情報という仮想世界の情報を、現実世界の

ルーターや PC の物体に反映させる必要があるため MR を採用した。

MR, AR, VR は開発環境の向上やカメラやセンサーなどを使用することで実現できることが増えており、今後もさらなるアプリケーションの実現が期待できる。MR の使用事例としては、手術のシミュレーション [3] や都市開発における事前検証 [1] などの活用事例がある。その中でも、本研究と同様に無線通信に注目した研究として、Sato らによる研究 [5] がある。その研究では、AR によって Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee の接続状況を可視化するためのプラットフォームを提供し、プラットフォームの API を利用したアプリケーションを実装すれば、現実世界の物体と接続間の状態の可視化をすることが可能である。多くの情報を表示でき、接続状況の管理への可用性はあるものの、表示させたいそれぞれのデバイスにマーカーやデータベースへの登録などの準備をしなければならぬので可視化の実装に手間がかかる。それに対して、我々の研究は、Wi-Fi の接続情報に限定しているものの、ルーターで接続情報を取得しているため、個々の接続機器に特別なソフトウェアを入れる必要がない。このことは、IoT など多くの機器をネットワークに接続する場合には、管理コストの面で利点がある。また、位置情報についても Hololens の機能を使うことで、マーカーレスで仮想世界の情報を物体の位置にマッピングできている。

Wi-Fi を可視化または測定することのできるアプリケーションは、Wi-Fi Analyzer [2], Wi-Fi ミレル [7] など数多く開発されている。基本的にはどちらのアプリケーションも RSSI (電波強度) を測定することが可能なアプリケーションで、想定する用途としては、Wi-Fi ルーターの設置などのある地点の電波強度を表示するアプリケーションである。いずれの現存するツールも現実の物体としてのルーターと、電波の状況を紐付けて通信状況を表示させることができず、障害時にルーターとパソコンの対応関係をとるのは難しい。また、実際の接続速度などには注目しておらず、使用する用途が限られている。

## 6. おわりに

本研究では PC とルーターの位置に MR のオブジェクトを対応づけて配置し、接続情報を管理できるアプリケー

表 3 インターフェースについてのアンケート 8 の結果

Table 3 Survey on interfaces (No.8)

---

ビームのほうが直感的に分かりやすいと思った。  
ビームの方は少し見にくかったかもしれない  
矢印タイプでは直観的に情報の所得が出来なかったように思えたからだ  
ビームタイプは見るものが動いているため、目でその動きを追うことができたから。  
ビームの量に応じて情報量が分かりやすく描かれていて、分かりやすかった  
矢印は繋がっているもの、いないものが一瞬で判別できる良さがあるが電波強度の弱いものが区別しにくい印象だった。  
ビームは発射回数の多いものを選べばよいため直感的な理解に役立つと思う。  
ビームだと一瞬なのでどこからどこに伸びているかすぐに分からないため何度も電波元から行き先へ目を行き来させる必要があった。  
矢印の場合、電波元から目を一回たどるだけで分かるので矢印のほうが分かりやすい。

---

ションを提案した。PC とルーターの位置は自由に配置可能であり、通信速度、電波強度に応じて MR 上のオブジェクトが変化する。このことにより、直感的な Wi-Fi の通信状況の理解につながると考えられる。また、ルーターにより接続情報を取得しているため、アプリケーションで管理の対象とする各 PC に特別なアプリケーションを入れることなく、対象の Wi-Fi ルーターに接続して通信するのみでよいので導入のコストが低い。

今後は、MR オブジェクト配置時の負担の軽減が課題である。物体認識によりルーターや PC などを認識できれば、MR 上のオブジェクトを実際の PC やルーターの位置に合わせて配置する際のユーザーの負担を減らすことができる。Hololens 上でのリアルタイムな物体認識結果の表示方法として、機械学習による物体認識エンジン Yolo [4] を用いることが可能であると分かっており、今後実装する予定である。

#### 参考文献

- [1] Bulman, J., Crabtree, B., Gower, A., Oldroyd, A., Lawson, M. and Sutton, J.: Mixed reality applications in urban environments, *BT Technology Journal*, Vol. 22, No. 3, pp. 84–94 (2004).
- [2] Hafner, M.: Wifi Analyzer, <https://matthafner.com/wifianalyzer>.
- [3] Halic, T., Kockara, S., Bayrak, C. and Rowe, R.: Mixed reality simulation of rasping procedure in artificial cervical disc replacement (ACDR) surgery, *BMC Bioinformatics*, Vol. 11, No. 6, pp. 1–17 (2010).
- [4] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. and Farhadi, A.: You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 779–788 (2016).
- [5] Sato, K., Sakamoto, N. and Shimada, H.: Visualization and Management Platform with Augmented Reality for Wireless Sensor Networks, *Wireless Sensor Network*, Vol. 7, No. 1, pp. 1–11 (2015).
- [6] The DD-WRT Project: DD-WRT, <https://dd-wrt.com>.
- [7] 株式会社アイオーデータ機器: Wifi ミレル, <https://www.iodata.jp/product/app/network/wifimireru/index.htm>.
- [8] 株式会社フジキメラ総研: 無線 LAN 国内市場, [http://www.group.fuji-keizai.co.jp/press/pdf/170516\\_17041.pdf](http://www.group.fuji-keizai.co.jp/press/pdf/170516_17041.pdf).