

# 遠隔立会い依頼試験システムの高機能化

水沼一英・高田徹・遠藤庸弘

Enhancing the functionality of the Remote Witness Request Test System  
MIZUNUMA Kazuhide, TAKADA Tohru, ENDO Nobuhiro

昨年度構築した遠隔立会い依頼試験システムについて、機器導入やアプリケーション開発を行い、より効率的な運用を行った。

キーワード：遠隔、依頼試験

We have introduced equipment and developed applications for the remote witnessing request testing system that we built last year, to make it more efficient.

Keywords : remote, request testing

## 1 まえがき

令和2年度に「遠隔立会い依頼試験システムの構築」のテーマで通信を利用した遠隔立会いによる依頼試験システムを構築したが、非効率的な部分があった。

今回、これを改善し、より効率的な運用を目指した。

## 2 方法

### 2.1 課題

現行の遠隔立会い依頼試験システムでは、ネットワーク会議システム(Web 会議システム)を利用して、遠隔で測定者(産技センター職員)と利用者としてビデオ通話しながら測定等を行っているが、ここで以下のような課題が出てきた。

- ① 試験品のセッティング等の際、測定者がノート PC を背負ったり、他の機材を手持ちして作業を行うため、負担がかかり、効率が悪い。
- ② 測定者-利用者間のやり取りにおいて、無駄な作業がある。たとえば、PDF のマニュアルを見ながらセッティングする等の

場合、セッティング途中で別の PC の前まで行って PDF ファイルを閲覧する必要がある、など通信用 PC とその他作業用 PC とで行き来して閲覧・操作が必要なことがある。

- ③ 測定者-利用者間での試験品の詳細確認において奥行き方向の確認等に支障を来す場面がある。

### 2.2 解決策

上記課題を解決する方法として、次のような解決策を検討した。

- ① 測定者の負担  
→ 一番重量のあるノート PC を、小型・軽量のデバイスを導入し、置き換える。  
具体的には、近年、高性能化・高機能化が進んでいるシングルボードコンピュータを導入することで、ノート PC を置き換える。
- ② 測定者-利用者間のやり取りでの無駄な作業  
→ 通話しながら複数メディアを一括集約(PDF 閲覧等)可能な端末を導入する。  
具体的には、MR(Mixed Reality; 複合現実)端末を導入し、通信を行いつつ PDF ファイル等を閲覧する。
- ③ 奥行き方向の確認  
→ 3D 映像を配信する。  
具体的には、ステレオカメラを利用して 3D

映像を配信するシステムを開発する。

### 3 結果

#### 3.1 小型・軽量化デバイスの導入

今回、ノート PC を置き換えるデバイスとして表 1 に示す 2 種類を試用した。

表 1 ノート PC を置き換えるデバイス

機種	特徴
Raspberry Pi 4 (Model B)	ラズベリーパイ財団によって、教育目的で開発された。汎用性が高い。
Jetson Nano (開発キット)	NVIDIA 社が開発。GPU での高速並列処理により機械学習等で利用されている。

両者はいずれも 1 つの基板上に必要な機能が実装されたシングルボードコンピュータであり、PC にくらべて小型・軽量である。また、PC と同様に OS を搭載し、ネットワークや Web カメラ等の周辺装置も使用することができる。このため、ノート PC の置き換えに最適である。一方、処理能力等の性能は PC に劣る。

表 2 に、PC とシングルボードコンピュータの重量やサイズの比較を示す。なお、ノート PC は実際に遠隔立会い試験で使用しているマウスコンピュータ製 mouseX4-i7 のデータであり、また、シングルボードコンピュータのバッテリーは、AUKEY 製モバイルバッテリーで 10000mAh、200g、93x63x22mm という仕様のものである。表中、重量はバッテリーとケースの重さを含み、サイズは本体のみのサイズとなっている。

表 2 PC/シングルボードコンピュータ比較

項目	ノート PC	Raspberr Pi 4	Jetson Nano
重量(g)	1130	369	450
サイズ(mm)	320x214x17	85x56x17	100x80x29
バッテリー	12 時間	2-3 時間	2-3 時間
その他	Intel Core-i7 1.80GHz	ARM A72 1.5GHz	ARM A57 1.43GHz/ GPU:128core
参考価格	15 万円程度	9 千円程度	1 万数千円

ここでは、シングルボードコンピュータに

ついて、PC と同様のネットワーク会議システムによる通信が実用に耐えるかを検証した。具体的には、実際にネットワーク会議システム (Zoom) を使用して、通信遅延時間を測定した。実験では、通信時間帯を午前中、昼過ぎ、夕方に分け、それぞれ 100 回の試行を行った。また、Raspberry Pi 4 は内蔵の WiFi 機能を、Jetson Nano は USB 接続の WiFi 子機(tp-link 社 AC600) を使用して、産業技術センターの LAN 経由でインターネットへ接続した。結果を表 3 に示す。また、ノート PC については昨年度に類似の測定を行った結果を参考として表 4 に示す。

結果から Raspberry Pi 4 も Jetson Nano も遅延時間は 1 秒未満で大きなばらつきもなく、ネットワーク会議システムでの使用においては、全く問題がないことが分かった。このため、シングルボードコンピュータを使用して目標である小型・軽量化による負担軽減が行える。

表 3 遅延時間(秒)

時間帯	項目	Raspberr Pi 4	Jetson Nano
午前中	平均	0.4	0.5
	標準偏差	0.1	0.1
昼過ぎ	平均	0.4	0.6
	標準偏差	0.1	0.3
夕方	平均	0.5	0.9
	標準偏差	0.1	0.1
全体	平均	0.5	0.7
	標準偏差	0.1	0.2

表 4 ノート PC の遅延時間(秒) (参考)

平均	標準偏差
0.9	0.5

ただ、今回、次のような課題も見つかった。

- モバイルバッテリーを使用するため、稼働時間は数時間
- ネットワーク会議を開始する際に、モニタやキーボードによる操作が必要

前者は、小型・軽量化のためには、割り切った運用をする必要があるため、改善は困難と考える。後者は、ネットワークを利用したリモート操作を利用することで、解決可能である。ただこのためには、ネットワーク上のシングルボードコンピュータを特定する必要があるため固

定アドレスを使用したり、Avahi 等の名前解決システムを使用する必要がある。

### 3. 2 複数メディア一括集約可能な端末の導入

今回、通話しながら PDF 閲覧等の別の作業を 1 台に一括集約できる端末として Microsoft 社の MR 端末である HoloLens2 を導入した。MR 端末はメガネ型ヘッドセットで、レンズ部が半透明のモニタになっており、実世界にコンピュータ映像を投影できるデバイスである。

図 1 に MR 端末を装着し試用している様子を、図 2 に装着者が見ている画面を示す。これは、MR 端末装着者が試験装置の PDF マニュアルを見ながら実際の試験装置本体を操作する様子である。MR 端末にはマイクやスピーカーも搭載されており、通信相手である PC とは、音声のやり取りも相互に行える。

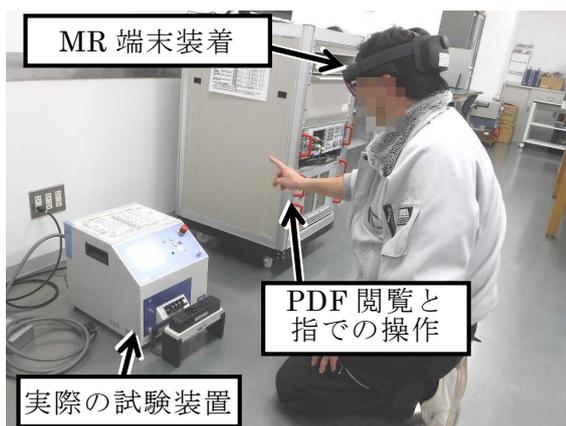


図 1 MR 端末の試用の様子

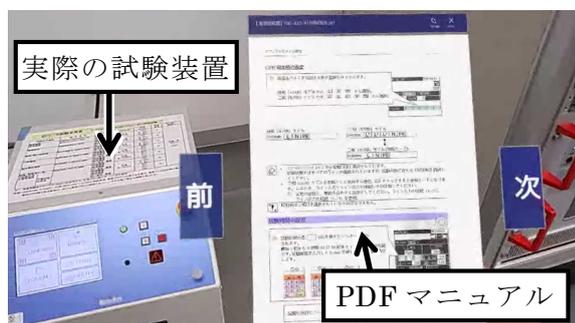


図 2 MR 端末装着者の画面

このように、デジタルファイル等を閲覧しながら実物の装置の操作を行い、通話も可能であることから、今回の目標である複数メディアを 1 台の端末上に一括集約することが実現できた。また、MR 端末は、頭に装着する

ヘッドセットのみで完結していることから、1 つ目の目標である小型・軽量化も実現可能である。さらに、応用として MR 端末装着者に対して通信相手の PC から指示等ができるため、遠隔による「操作研修」も可能なことが分かった。

ただ、今回使用したソフトウェアは、認証キーとなる USB ドングルを通信相手の PC に挿しておく必要があるため、外部での使用はせず、所内 LAN でのみの運用となる。また小型・軽量化の影響としてバッテリー駆動時間はメーカ仕様にて 2~3 時間となっているが、モバイルバッテリー等を使用することで延長は可能と思われる。

なお、今回、別の試験への展開として、3D CAD データを投影する試行もおこなった。3D モデルを拡大や縮小、回転等により、詳細に閲覧することが可能で、3D CAD データを扱う別試験への展開の可能性が確認できた。

### 3. 3 3D 映像の配信

映像を 3D 化するには、ステレオカメラの使用が一般的である。今回は、Web カメラを 2 台使用してステレオカメラとして構成し(図 3)、2 台の Web カメラ画像を合成して 3D 映像化するアプリケーションを開発した。表 5 に開発環境を示す。



図 3 Web カメラ 2 台によるステレオカメラ

表 5 開発環境

項目	内容
開発言語	Visual C# (Visual Studio 2019)
ライブラリ	OpenCvSharp 4.5.1 (OpenCV の C# 向けラッパ)

また、映像の配信には Zoom の画面共有機能を使用した。図 4 に今回開発した 3D 映像アプリケーションによる画面例を示す。



図4 3D映像の例

この映像の受信側は、スマートフォンとそれを装着できるVRゴーグルを使用した(図5)。これにより、個人や会社所有のスマートフォンが使用できれば、数千円程度のVRゴーグルのみ準備すれば良く、非常に安価に3D映像配信が可能となる。



図5 VRゴーグルとスマートフォン

課題としては、以下が見つかった。

- 2台のWebカメラの画角の微調整に手間がかかる
- いわゆる「3D酔い」がある

前者は、今回は、水平の直線を含む風景を映した状態で手動で微調整を行ったが、将来的には、調整用パターンを撮影するだけで微調整が完了するような、ソフトウェアによる微調整機能を実装したい。このように、自前で開発したアプリケーションであるため、柔軟に機能改善等が行える。

課題の2番目の「3D酔い」は視覚情報と実際の身体の動きとのズレなどが原因とされるため、完全な解決策はないが、ジンバルを利用して手ブレを減らしたり、高解像度化・高レート化することで滑らかな映像にするなどで軽減できるかもしれない。ただし、映像配信を行うネットワーク会議システムも、高解像度、高レートに対応している必要がある。

今回、昨年度の研究で出た課題のいくつかを解決し、遠隔立会い試験の利便性が向上した。1つは、デバイスの小型・軽量化により測定者の負担を軽減したことで機動性が向上した。もう1つは、MR端末の導入や、3D映像により、相互の情報伝達性が向上した。さらにもう1つは、MR端末により複数コンテンツを1台に集約することで、手間を省き、迅速性が向上した。

また、他用途への応用としては、MR端末に関して、遠隔による操作研修への利用が可能であることが分かり、さらに3D CADデータを扱う分野への展開の可能性が確認できた。

今後は使用方法や得られたノウハウをマニュアル化し、正式運用を開始したい。また、他試験・他用途への展開や開発アプリケーションの改善・機能向上を行い、利用者のさらなる利便性向上に努めたい。