

経常研究

# スマートグラスを用いた作業支援検証に関する研究

松本 健司\*

Verification of Support by Smart Glasses  
MATSUMOTO Kenji

ウェアラブル機器の一つであるスマートグラスを活用するシステムを2種類開発し、作業支援用途における実用性を産業技術センターの研修業務にて検証した。

開発したシステムの1つは、遠隔地にいるオペレータとスマートグラスを着用した作業員間で、音声・映像データの通信を可能にするものである。もう一方のシステムは、作業員が操作する機器に関する資料をスマートグラスのディスプレイ上に表示するものである。各システムは、データ提供・AI処理などのサーバPCなどと組み合わせて構築した。サーバ実行環境は、システムの柔軟性を考慮し、仮想コンテナ上に構築した。

Keywords: スマートグラス, WebRTC, AI, コンテナ仮想化

## 1 はじめに

IoT (Internet of Things) 技術や ICT (Information and Communication Technology) 技術が近年、急速に発展し、分野・経営規模を問わず多くの企業がその活用に関心を寄せている。

企業が抱える経営課題は多岐にわたっており、中でも新型コロナウイルス感染症対策は早急に取り組む必要がある大きな課題である。人と人の接触機会を極力減らす対策には ICT 技術の活用が有効であり、ICT 技術と相性が良いウェアラブル機器の利活用に関心が集まっている。

栃木県産業技術センター（以下、当センター）では感染予防の基本である消毒などの徹底やテレワークの推進などに取り組んでいるが、機器取扱研修など感染リスクを抑えきれない業務も存在する。当該研修は、当センター保有の機器を初めて利用する来所者に対して実施する研修であり、機器の取り扱い方法のみならず専門的内容や安全作業の心得など多くの要素を含んでいる。研修は来所者と職員が長時間立ち会って実施しており、緊急事態宣言下における受付停止や関係者の体調不良による中止など、現状の実施方法だけではサービス維持に課題を抱えている。

本研究は、業務継続性向上を目指し、スマートグラス向け作業支援システムを開発、機器取扱研修業務において実際に使用し、作業支援用途における実用性を検証するものである。

## 2 研究の方法

### 2.1 実施方法

システム開発は設計、試作、評価、改善のサイクルで進め、評価においては、動作テスト（単体、結合）・負荷テスト・ユーザーテストを実施する（図1）。すべての評価項目をクリアした後、機器取扱研修の実務へ試験的に導入し、業務に支障がないか、感染症対策として有効であるか、の2点を確認した。

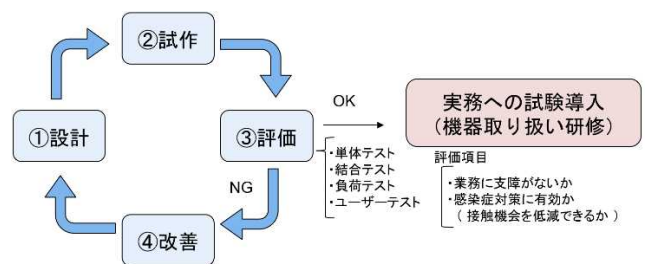


図1 開発の流れ

### 2.2 使用機器（スマートグラス）

本研究では、EPSON 製 MOVERIO BT-300<sup>1)</sup>（図2）を使用した。当機種はメガネ型であり、ディスプレイ越しに視界が確保される両眼シースルータイプである。また、コントローラには Android をベースとした OS が搭載されており、Android OS 搭載機向けアプリと同様の環境でアプリを開発できる。

\* 栃木県産業技術センター 機械電子技術部



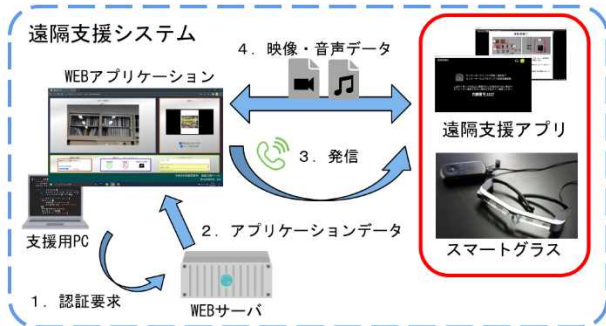
図2 MOVERIO BT-300

## 2.3 開発内容

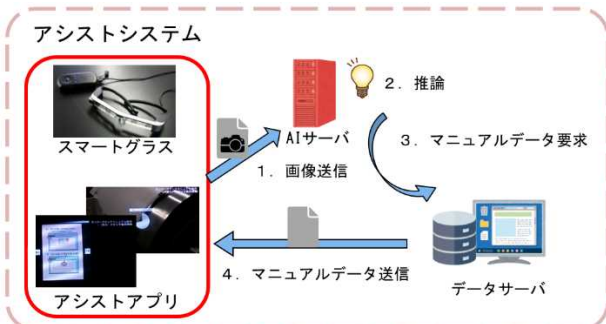
### 2.3.1 システムの概要

開発したシステムの1つは、遠隔地にいるオペレータとスマートグラスを着用した作業員間で、音声・映像データの通信を可能にするシステム（以下、遠隔支援システム）である（図3（a））。

もう一方のシステムは、作業員が操作する機器に関する資料を、スマートグラスのディスプレイ上に表示するシステム（以下、アシストシステム）である（図3（b））。



(a) 遠隔支援システム



(b) アシストシステム

図3 開発システム概要

遠隔支援システムは、来所者がスマートグラスを着用、当センター職員が支援用PCを操作し研修を実施する状況を想定している。

アシストシステムは、研修実施後、利用者が研修内容を振り返りつつ作業を行う場面を想定している。

## 2.3.2 遠隔支援システム

### 2.3.2.1 システム構成

遠隔支援システムは、遠隔での作業支援を行うための支援用PC、支援用PCの認証やWebアプリケーションの提供などを行うサーバ、遠隔での作業支援を受けるためのスマートグラスから成る（図4）。スマートグラスと支援用PC間には、WebRTC<sup>2)</sup>規格によるP2P通信で映像・音声信号をやり取りする。

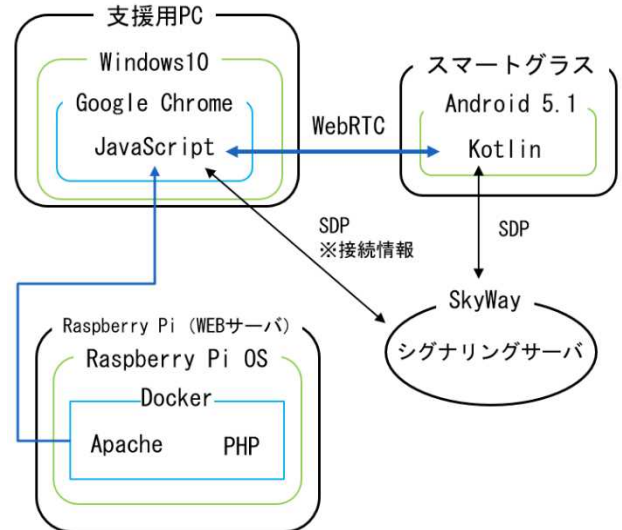


図4 遠隔支援システム構成

WebRTC規格によるP2P通信を開始するためには、接続する機器間で接続情報を交換し、通信経路を確立するシグナリング処理が必要になる。WebRTC規格ではシグナリングの方法は特に指定されていないため、自由に実装することができる。本研究においては、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社が提供するSkyWay<sup>3)</sup>サービスを利用し、シグナリング処理を実装した。

### 2.3.2.2 支援用PC

支援用PC上でWebアプリケーションを実行するためのブラウザはGoogle Chromeを使用した。ブラウザからWebサーバへログインし、Webアプリケーションを実行する。

### 2.3.2.3 サーバ

サーバマシンにはRaspberry Piを使用した。再利用性やメンテナンス性を高めるため、Raspberry PiにDocker<sup>4)</sup>環境を導入し、Docker仮想コンテナ上でサーバの構築を行った。

WebアプリケーションはHTML及びJavaScriptで記述し、スマートグラスへの発信機能、スマートグラスからの着信通知機能、映像・音声の送受信機能を実装した。

### 2.3.2.4 スマートグラス用アプリ

開発したWebアプリケーションはスマートグラス上でも動作するが、スマートグラスの使用に慣れていない来所者による使用を想定し、操作をなるべく簡易にする

ため、スマートグラス用に別途アプリを開発した。

アプリ開発には Kotlin 言語を使用し、開発環境には Android Studio を使用した。アプリには、Web アプリケーションと同様に、発着信機能、映像・音声送受信機能を実装した。

### 2. 3. 3 アシストシステム

#### 2. 3. 3. 1 システム構成

アシストシステムは、スマートグラス、スマートグラスのカメラ映像から操作中の機器を推論する AI サーバ、AI サーバの推論結果を基に作業に関連したデータを提供するデータサーバから成る (図 5)。アシストシステムは、研修資料などのデータをスマートグラス着用者の視界を妨げないよう AR 表示する。

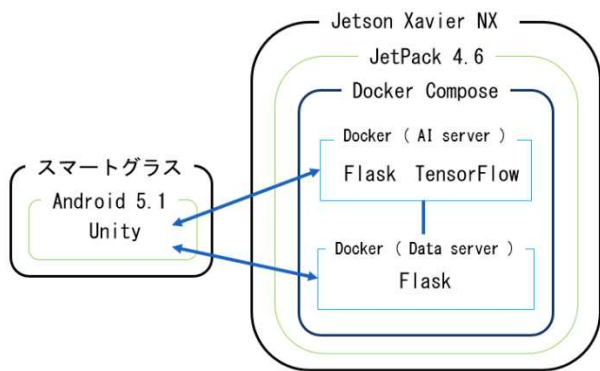


図 5 アシストシステム構成

#### 2. 3. 3. 2 スマートグラス用アプリ

アプリ開発には Unity<sup>5)</sup> を使用した。アプリには、スマートグラスの AR 表示、カメラ画像のサーバへの送信、構造化データの受信・再構築処理を実装した。

#### 2. 3. 3. 3 サーバ

サーバマシンには Jetson Xavier NX を使用した。本システムでは、AI 処理を行うサーバとデータの提供を行うデータサーバが動作している。AI 処理を行うサーバでは、カメラ画像の分類処理に TensorFlow<sup>6)</sup> フレームワークを用いた。また、各サーバは Python 用ウェブアプリケーションフレームワークである Flask<sup>7)</sup> を用いて、WebAPI を提供している。

なお、遠隔支援システムと同様に、各サーバはそれぞれ Docker 仮想コンテナ上に構築した。また、各コンテナは同一マシン上で稼働しており、複数コンテナの実行にあたっては Docker Compose を使用した。

## 2. 4 実用性検証方法

### 2. 4. 1 対象業務

複合環境試験装置 (振動試験機) の研修を対象とする。現在、当該研修は職員が 2 人一組で業務にあたり、利用者と当センター職員の接触機会が多くなっている。

### 2. 4. 2 システム評価方法

各システムは動作テスト・負荷テスト・ユーザーテ

ストを通過後、実際の研修業務で活用し、従来通りの業務に支障がないか、感染症対策として有効であるか (不測の事態における業務継続性向上に有効か) の 2 点を評価した。

## 3 結果及び考察

### 3. 1 遠隔支援システム

#### 3. 1. 1 開発成果

遠隔支援システム利用時の各端末画面を図 6 に示す。図 6 において、左はスマートグラス着用者の視界イメージ、右は支援者の利用パソコン画面である。

スマートグラスと支援用 PC のそれぞれでアプリを実行後、基本的には支援者側で発信操作を行うことで通信を開始する。通信開始後は、スマートグラス側視界カメラの映像が常に支援者側へ送信される。また、支援者側は必要に応じて画面共有機能によるスマートグラス側との資料共有が可能である。



(a) 通信中



(b) 画面共有時

図 6 遠隔支援システム利用イメージ

#### 3. 1. 2 各種評価

##### 3. 1. 2. 1 動作テスト (単体・結合)

設計仕様に基づきチェックを実施し、すべての項目をクリアした。

##### 3. 1. 2. 2 負荷テスト

各端末でアプリを起動後、長時間の通信や特定の操作が繰り返される状況などにおいて、不具合が発生しないか確認を行った。想定研修業務での稼働時間 (約 2 時間) 以上の長時間でも安定して通信できることを確認した。

##### 3. 1. 2. 3 ユーザーテスト

本システムの開発に携わっていない当センター職員を 2 人一組とし、当センター利用者 (スマートグラスを



着用し研修を受ける)と、当センター職員(支援用 PC を用いて研修を実施する)の役割に分け、あらかじめ設定したテスト項目に遠隔支援システムを利用して取り組んでもらった。ユーザーテストは計 4 組実施し、遠隔支援システム動作の最終チェックとした。

参加した職員はスマートグラスの利用経験がなかったものの、おおむね各アプリをスムーズに操作でき、遠隔支援システムにも問題は発生しなかった。

### 3. 2 アシストシステム

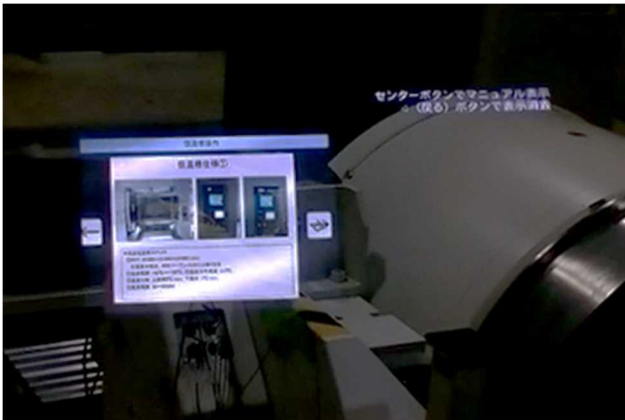
#### 3. 2. 1 開発成果

スマートグラス着用者のデータ要求操作により、アシストシステムはカメラ画像を基に対象機器を推定し、推定結果を着用者に確認する(図 7 (a))。着用者の承認後、スマートグラスに対象機器に関するデータのリストが表示される(図 7 (b))。リストから必要なデータを選択すると、スマートグラスのディスプレイ上に AR 表示される(図 7 (c))。なお、アシストシステムの AR 表示は 3 自由度であり、角度情報のみを使用している。



(a) 機器認識時

(b) リスト表示時



(c) データの AR 表示時

図 7 アシストシステム利用イメージ

#### 3. 2. 2 各種評価

##### 3. 2. 2. 1 動作テスト(単体・結合)

設計仕様に基づきチェックを実施し、すべての項目をクリアした。

##### 3. 2. 2. 2 負荷テスト

アシストシステム利用時のスマートグラス稼働時間が 1 時間程度しか確保できなかった。周囲環境にも依存するが、10 分間のシステム利用でスマートグラスのバッテリーは約 11%程度消費した。また、発熱の問題もあり、充電しながらの動作は安定しなかった。

スマートグラス上の処理では表示と通信の負荷が大きかった。特に通信については負荷が大きく、AI サーバへ転送するデータ、サーバからダウンロードするデータ、それぞれの容量を適切に調整する必要がある。また、本研究では作業中に必要なデータの更新は多い想定で設計したため、アプリ内部にあらかじめデータを用意するなどの代替手段は実装しなかった。

本研究においては、研修実施には遠隔支援システムの優先度が高く、遠隔支援システムと併せての利用を想定するとバッテリーの持続時間が十分ではないことから、以降に予定していた評価は実施しなかった。

#### 3. 3 実務への試験導入

開発したシステムのうち、各種評価をすべてクリアした遠隔支援システムについて評価を行った。

研修受講希望の当センター利用者(以下、受講者)に協力いただき、受講者がスマートグラスを着用、当センター職員が別室から支援用 PC を用いて、約 1 時間の研修を実施した。

研修後、受講者は複合環境試験装置による振動試験を問題なく実施しており、従来通りの研修効果を確認した。また、研修中の職員と受講者の接触機会は大きく減少しており、感染症予防にも効果があると判断した。

## 4 おわりに

スマートグラスによる作業支援を目的とした遠隔支援システム及びアシストシステムを開発し、遠隔支援システムによる研修が問題なく実施できることを確認した。なお、当センターにおいては製造工程に相当する業務が存在しないため、作業支援に最も近い業務である研修を対象に実用性の検証を行った。

本研究においては当センター内の別室間の通信であった。当然ではあるが、通信経路が確保できれば外部との通信も可能である。外部との通信が可能になれば、更なる業務継続性改善やユースケース創出につなげられる。

社会全体で DX 推進の機運が高まっており、本研究において開発した各システムのような機能は需要が高いと思われる。また、スマートグラスのようなウェアラブルデバイスの改良は日進月歩で進んでおり、扱えるデータも多様化している。ウェアラブルデバイスは製造業と親和性が高く、各社のデータ資産利用を目的とした導入検討も盛んになっていくと考える。今後は、MR(複合現実)機能を持つデバイスなどを利用したデータ資産の利活用の手法について検討していく。

参考文献

- 1) BT-300 : "[https://www.epson.jp/support/portal/support\\_menu/bt-300.htm](https://www.epson.jp/support/portal/support_menu/bt-300.htm)", セイコーエプソン(株)
- 2) WebRTC : "<https://webrtc.org/>", Google 社
- 3) SkyWay : "<https://webrtc.ecl.ntt.com/>", エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株)
- 4) Docker : "<https://www.docker.com/>", Docker 社
- 5) Unity : "<https://unity.com/>", Unity Technologies 社
- 6) TensorFlow : "<https://www.tensorflow.org/>", Google 社
- 7) Flask : "<https://flask.palletsprojects.com/en/2.0.x/>"