

スマートグラスの導入による施工管理業務の生産性向上

ウェアラブル端末と音声認識技術による施工管理のハンズフリー化

絹村 剛士*1・坂本 寛人*2・河原 博之*3・田澤 憲一*4・上田 康浩*2・安井 利彰*5

Productivity Advance in Construction Management by Smart Glasses

Construction Management Using Handsfree Wearable Device by Speech Recognition Technology

Takashi KINUMURA, Hiroto SAKAMOTO, Hiroyuki KAWAHARA, Kenichi TAZAWA, Yasuhiro UEDA, Toshiaki YASUI

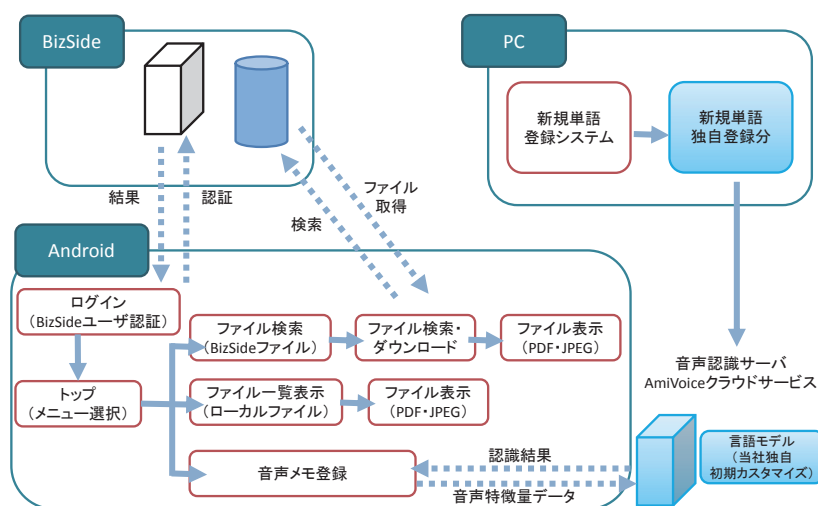


図-1 システム全体構成

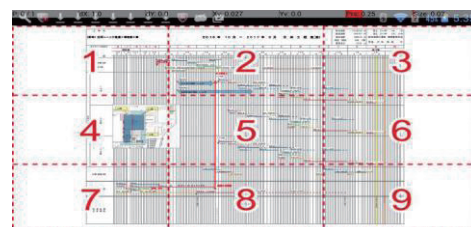


図-2 ファイル表示画面

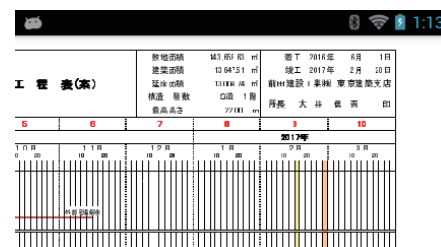


図-3 拡大後の画面

研究の目的

近年、建設現場における施工管理業務の生産性向上を目的とした情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）の積極的な導入が進められている。特にスマートフォンやタブレット端末といったモバイル端末の活用により業務の大幅な省力化に成功している。そこで、次世代情報端末として急速な発展を遂げている、身に着けて持ち歩くことができるウェアラブル端末の導入により、施工管理業務をハンズフリー化し、さらなる業務効率化を実現できないかと考えた。本稿では、ハンズフリー化ツールの第一弾である、音声操作によってスマートグラスに図面情報等を表示させるアプリケーション「対話式施工管理情報システム」の開発状況及びスマートフォンでの音声入力機能に特化した「音声入力アプリ」の現場実証について報告する。

技術の説明

ハードウェアとしてヘッドマウントディスプレイ型のウェアラブル端末を想定し、ソフトウェアの要件として端末の基本操作、ファイル表示、及びメモ帳登録の各機能を音声認識技術によりハンズフリーで実現するアプリケーションのプロトタイプを開発した。プロトタイプを作業所で試用し、さらなる開発ニーズの抽出や改良を行う。

主な結論

- プロトタイプを体験した作業所職員へのヒアリングから抽出されたニーズに基づき、今後の開発に関して 3 つの主要な課題を設定した。
 - (1) タブレット端末に近い直観的なユーザーインターフェース
 - (2) 現場内で安全に装着できること
 - (3) AR 技術の活用
- 「音声入力アプリ」の現場実証では、現場にしながらハンズフリーで文字入力が行えて便利であるという意見がある一方、音声認識の精度をより高くしてほしいとの要望もあった。

*1 本店 技術研究所
*3 本店 建築事業本部 建築技術部 技術開発グループ
*5 本店 技術研究所 生産性革新技術研究室

*2 本店 技術戦略室
*4 本店 建築事業本部 建築部 技術支援グループ

スマートグラスの導入による施工管理業務の生産性向上 ウェアラブル端末と音声認識技術による施工管理のハンズフリー化

絹 村 剛 士 *¹ 坂 本 寛 人 *²河 原 博 之 *³ 田 澤 憲 一 *⁴上 田 康 浩 *² 安 井 利 彰 *⁵

要 旨

わが国は超高齢社会への突入により，より少ない人数で多くの人々を支えるため，1人当たりが生み出す付加価値（労働生産性）を飛躍的に上昇させるような技術革新の必要性に迫られている．本稿では，建設現場での施工管理業務を効率化するためのツールとして，ウェアラブルセンシングとの連携による機能の拡張性が高いスマートグラスを用いた「対話式施工管理情報システム」のプロトタイプを開発したことについて報告する．

キーワード 生産性向上／働き方改革／CPS／ICT／IoT／施工管理

目 次

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1. はじめに | 5. 試験導入に向けて |
| 2. ウェアラブル端末の活用方法 | 6. 成果と課題 |
| 3. 対話式施工管理情報システムの概要 | 7. おわりに |
| 4. 対話式施工管理情報システムの機能 | |

PRODUCTIVITY ADVANCE IN CONSTRUCTION MANAGEMENT BY SMART GLASSES CONSTRUCTION MANAGEMENT USING HANDSFREE WEARABLE DEVICE BY SPEECH RECOGNITION TECHNOLOGY

Takashi KINUMURA	Hiroto SAKAMOTO
Hiroyuki KAWAHARA	Kenichi TAZAWA
Yasuhiro UEDA	Toshiaki YASUI

Synopsis:

In Japan, due to the rush into a super aged society, we are forced to support a large number of people with a smaller number of people. So we need the technological innovation that dramatically increases value-added labor productivity. In this paper, we developed a prototype of ‘an interactive construction management information system’ using smart glasses, which is highly scalable in function by linking with wearable sensing as a tool for improving construction management work at construction site will be reported.

* 1 本店 技術研究所 * 2 本店 技術戦略室 * 3 本店 建築事業本部 建築技術部 技術開発グループ
* 4 本店 建築事業本部 建築部 技術支援グループ * 5 本店 技術研究所 生産性革新技術研究室

1. はじめに

1.1 建設業を取り巻く背景

日本における生産年齢人口（15～64 歳）は、平成 7 年（1995 年）に 8,716 万人でピークを迎え、その後減少に転じ平成 25 年（2013 年）には 7,901 万人と昭和 56 年（1981 年）以来 32 年ぶりに 8,000 万人を下回った。また、総人口が減少する中で高齢者が増加することにより高齢化率は上昇を続け、平成 72 年（2060 年）には 39.9%に達し国民の約 2.5 人に 1 人が 65 歳以上の高齢者となる社会が到来すると推計されている。¹⁾²⁾

このような背景から、より少ない人数で多くの人々を支えるために、1 人当たりが生み出す付加価値（労働生産性）を飛躍的に向上させる技術革新が必要と考える。

特に建設現場での作業は、長らく労働力過剰であったこともあり、多くの技能労働者の経験に基づく人力での作業によって支えられてきたが、近年、団塊の世代の大量離職や若手入職者の減少などによりその基盤は大きく揺らいでいる。

一方で、現在は震災復興や東京五輪といった建設需要の高まりから建設業界全体として仕事量は増加しており、技能労働者の確保とともに、施工管理者の負担軽減が大きな課題となっている。

本稿では、施工管理担当者の業務効率化を図り生産性向上を実現するためのツールとして 2016 年度に開発したスマートグラスに音声認識技術を実装したアプリケーション「対話式施工管理情報システム」プロトタイプの概要とハードウェア、ソフトウェア両面における現場目線での改良ニーズの抽出のため、現在進めている現場実証に向けた取組みについて報告する。

1.2 「モバイル」から「ウェアラブル」へ

建設現場の施工管理には、工程、安全、品質、原価、及び環境といった管理対象がある。施工管理業務において長時間労働を助長する要因として、現場での作業をリアルタイムに監督する業務と、事務所で実施する書類作成や打合せといった業務を同時並行で進める必要があるということが考えられる。

近年、施工管理業務へのモバイル端末（タブレット・スマートフォン）導入が進み、施工管理者の ICT ツールへの抵抗感は小さくなると同時に、ソフトウェアの開発者にも建設現場での適用イメージや建設業向けアプリケーションの開発ノウハウを持つ開発者が増え始めている。当社でも、モバイル端末を活用して帳票類を自動作成するしくみが開発されており、施工管理の生産性向上に大きく貢献している。

図-1 に示す ICT 技術発展の過去～未来において「ウェアラブル」の時代とされている 2020 年を目前に控えた³⁾ 現在、建設現場にウェアラブル端末を導入することで、現場監督業務及び書類作成業務をよりシームレスに遂行できるツールとして活用できると同時に、ウェアラブル端末ならではの新たなメリットが得られると考えている。

2. ウェアラブル端末の活用方法

2.1 ウェアラブル端末の必要性

ウェアラブル端末はセンサーやアルゴリズムを駆使することにより装着者の活動量や様々なバイタル情報を意図的に、または自動的に時系列でモニタリングする端末である。ウェアラブル端末には目的に応じて様々な種類の端末が登場している。主なものを表-1 に示す。具体的には、加速度センサーや光学センサーを搭載することによりアクティブトラッカーとして活動量や心拍数などをセンシングするリストバンド型（スマートウォッチ）やヘッドセット型、体に圧着や密着させることにより心拍、心電、体温、筋電、及び姿勢などをセンシングする導電性繊維を使ったテキスタイル型やフィルム型、眼電位センサーを搭載することによりストレスや眠気を感知するメガネ型（スマートグラス）、及び靴底に圧電センサーを組み込むことで走行姿勢を検知する靴型などが存在する。⁴⁾

この中で、導電性繊維を用いるタイプなどはセンシング可能な項目が多く、ウェアラブルセンシングを主目的とする端末が多い。一方、スマートグラスと呼ばれる端末は、メガネ型でストレスや眠気を測定できるものよりも HMD（ヘッドマウントディスプレイ）として眼前に



図-1 ICT 技術発展の過去～未来

表-1 ウェアラブル端末の形状とセンシング対象

形状	名称	主なセンサー	主なセンシング項目
HMD（ヘッドマウントディスプレイ）型 メガネ型 ヘッドセット型	スマートグラス	眼電位	ストレス 眠気
リストバンド（腕時計）型	スマートウォッチ アクティブトラッカー（活動量計）	加速度 光学	活動量 心拍数
テキスタイル型 フィルム型		導電性繊維	心拍数 心電 体温 筋電 姿勢
靴型		圧電	走行姿勢

VR（Virtual Reality：仮想現実）、AR（Augmented Reality：拡張現実）、MR（Mixed Reality：複合現実）、SR（Substitutional Reality：代替現実）などの空間及び時間を含む情報を表示することに主眼を置いた端末が多い。現在は表示機能に強みを発揮した端末とセンシングに特化した端末が個々に開発されているが、ウェアラブル端末は業務のハンズフリー化による生産性向上と同時に、建設業に従事する人々の安全衛生管理の実施によって長く働ける労働環境を実現することができるツールであると考えている。

表-2 に建設業におけるウェアラブル端末活用の方向性を示す。3章以降で詳しく述べる「対話式施工管理情報システム」は、作業のハンズフリー化によって主に施工管理担当者の生産性向上を図るツールである。2章ではその他の活用の方向性について簡単に説明する。

2.2 建設作業の自動化

建設現場での作業の自動化が製造業等に比べて進んでいない理由の一つに、作業者の経験や感覚に基づく判断を必要とするものが少なからず存在するということが挙げられる。こうした判断を自動化するには、人間の動きや感覚を数値化したデジタルデータを大量に蓄積し、アルゴリズムを構築する必要がある。人間に関する物理量、生理量といったデジタルデータの取得に、ウェアラブルセンシングが非常に有効である。

2.3 脳科学の知見の活用

脳計測を用いて商品への購買意欲といった人間が行う価値判断を定性的かつ定量的に評価しようという脳科学の応用手法はニューロマーケティングと呼ばれている。広告や商品開発への展開を目的に研究が進められている⁵⁾が、本人も自覚していないような無意識の欲求を認識することも可能である。顧客がまだ認識していないようなニーズを予め引き出して応えることや協力業者との意思疎通をより高いレベルで行うことが可能となる。それ以外にも例えば、作業者や施工管理担当者にセンサーを取り付けて、建設作業を自動で行う際に人間から機械側へ送るコマンドを、行動を伴わない思考のみの脳波等によって作成するヒューマンマシンインターフェースの構築が可能となる。

表-2 建設業におけるウェアラブル端末活用の方向性

目的	生産性向上			顧客及び 協力業者との コミュニ ケーション の密度向上	長く働ける 労働環境
手段	ハンズ フリー化	建設作業の 自動化	ヒューマンマシン インターフェース の構築	マーケティング	安全衛生 労務管理
基盤 技術	ICT技術、 光学	人の感覚の 定量化技術	脳科学		心理学、生理学
	IoT基盤、AI				

2.4 安全衛生労務管理

建設現場での作業は重労働である、というイメージが若者の建設業離れの要因の一つになっていると考えられるが、実際に建設現場には、高所作業、火気の使用、刃物の使用、及び重量物の運搬といった危険有害要因が存在する。現場に入る作業者及び施工管理者は、毎日危険予知活動を実施し危険有害要因を予め周知するが、一日の中でも状況の大きく変わる現場においては、その場での状況判断が重要となる。ウェアラブルセンシングによって作業者や施工管理者が危険を察知したことを検知できれば、リアルタイムで他の作業者に周知することが可能になり、また、そのような場所や状況に関する情報を蓄積し機械学習をさせることで、危険予知活動のサポートができると考えている。

また、夏季の屋外作業等では熱中症のリスクが高いことから、熱中症やその他体調不良の予兆を検知することにも活用したい。熱中症に限らずバイタルデータを評価することで、室内のオフィスワーカーの体調変化を検知し、必要に応じて休息を促したり、体を動かす作業を作業工程に組み入れて心身のリフレッシュを図ったりすることができ、労働環境の改善や働き方改革の実現につながると考えている。

3. 対話式施工管理情報システムの概要

3.1 開発の背景

製造業においてスマートグラスを中心とするウェアラブル端末は、作業効率の改善による生産性向上に大きく寄与しているが、建設業においては導入事例が少なく建設現場全体としても所謂昔ながらの手仕事や多くのが労働力を集約して進めるような作業が多く残っており、長年仕事のやり方が変わっていない状況がある。1章で述べたような今後の労働力不足、建設投資の縮小を鑑みると、できる限り少ない人数で仕事を行うことのできる仕組み作りが不可欠である。

一方で、建設業は構築対象が大きく計画段階を含めたライフサイクルが非常に長いこともあり、関係する企業や人数が多いために設計図書や管理資料といった書類が膨大に発生する。特に、施工管理担当者が現場に出歩く際に必要と思われる資料をすべて持ち歩くのは非効率であると同時に不安全である。このような状況を減らすことができるよう、近年、施工管理業務にタブレット端末が積極的に導入され、作業所におけるネットワーク環境の整備が進むと同時に施工管理担当者のICTツールへの親和性が非常に高まっている。

そこで次の段階として、タブレット端末を持ち歩くことなく同等の機能を現場で使うためのツールとしてウェアラブル端末の導入を試みた。ウェアラブル端末の導入事例が少ない建設業に適したウェアラブル端末（ハードウェア）及びアプリケーション（ソフトウェア）が必要

である。ハードウェアについては現在市販されている機種を複数選定し、現場で装着することで建設業向けウェアラブル端末に必要な機能や要件を抽出する必要がある。ソフトウェアについては、簡単な機能を実装したアプリケーションで現場実証を行い、機能のブラッシュアップや必要な機能の追加を行う必要があることから、「対話式施工管理情報システム」のプロトタイプを開発した。

3.2 ハードウェア

アプリケーションをインストールするハードウェアとして、AndroidOSを搭載したスマートグラス2機種を選定した。2機種を選定した理由は、ウェアラブル端末の特性として装着性や視認性において装着者ごとの個人差が大きいことが挙げられるが、実証実験においてこれらの検討を行うにあたり、異なる特徴を持つ複数の端末へ実装したかったためである。また本システムの開発に着手した当時、建設現場で使用するために必須であるヘルメットとの同時装着が可能な端末として市販されている機種は非常に少なかった。しかし、ウェアラブル元年と呼ばれた2015年以降こうしたハードウェアの新型モデルの開発スピードは急速に高まり、現在ではヘルメットとの同時装着が可能な小型の筐体でありながら画面が小さすぎず視認性に優れ、作業中の動作によって落下する心配のない機種が開発、発売されている。



図-2 MOVERIO Pro BT-2000（両眼・透過型）



図-3 InfoLinker（単眼・透過型）

対応機種の一つは、セイコーエプソン株式会社製の両眼・透過型スマートグラス「MOVERIO Pro BT-2000」、もう一つはウェストユニティス株式会社製の単眼・透過型スマートグラス「InfoLinker」である。図-2に前者を、図-3に後者を、表-3に両者の基本的な仕様の比較を示す。前者は、頭にフィットしやすい形状で作業中に頭を動かしてもずれにくく、また画面サイズが大きく視認性に優れる。後者は、小型で軽量の本体でヘルメットとの同時装着が可能であり、配線等がなく装着感が比較的小さいという特徴がある。両者とも、Wi-Fi、Bluetoothの機能を搭載しており、フレキシブルパイプによって小型のマイクが取り付けられたヘッドセットを接続可能である。

3.3 ソフトウェア

プロトタイプの開発に着手するにあたり、施工管理業務をハンズフリー化するために必要な要件として以下の3点を掲げた。

- ①ハンズフリーで基本操作を行うことができる
- ②ハンズフリーでファイルを閲覧することができる
- ③ハンズフリーでメモ帳登録することができる

システムの全体構成を図-4に示す。本システムの機能は大きく分けて、ファイル検索、ファイル表示、及び音声メモ登録の3つより構成される。要件①を満たすため、音声コマンド入力可能な仕様となっている。要件②を満たすためファイル検索及びファイル表示機能を実装した。要件③を満たすため、次に示す音声認識技術を用いた音声メモ登録機能を実装した。プロトタイプということでファイル検索できる場所や閲覧できるファイル形式等に制限はあるものの、検索、閲覧、及び記録の一連の流れを現場で実際に行い、使用感や画面の見え方等を確認できる仕様とした。アプリケーション上でできることのほぼすべてを音声によるコマンド操作により実行できる点が特徴である。各機能の詳細は4章で述べる。

表-3 MOVERIO Pro BT-2000 と InfoLinker の仕様比較

	EPSON製 MOVERIO Pro BT-2000	ウェストユニティス製 InfoLinker
重量	グラス290g コントローラ265g	約50g
解像度	960×540	428×240
視野角 (対角)	23°	14°
OS	Android™ 4.0.4	Android™ 4.2.2
センサ	GPS 地磁気センサ 3軸加速度 3軸ジャイロ 3軸磁気 照度	3軸加速度 3軸ジャイロ 3軸磁気
カメラ画素数	500万画素	約240万画素
バッテリー 稼働時間	約4時間	約1時間

3.4 音声認識技術について

音声認識技術とは、マイクから入力された音声を書列に変換する技術である。音声認識技術は、タブレットやスマートフォンで情報検索をする際や、カーナビゲーションシステムで目的地設定を行う際に使われている他、会議や電話の録音から議事録を自動で起こしたり、放送・動画に対して自動で翻訳を付けたりする際にも使われる。近年では、対話ができるロボットや音声で翻訳を行うサービスも登場するなど、急速に用途が広がっている。

音声認識システムは図-5 に示す通り、特徴量抽出、音素認識、及び単語系列探索の3つの過程に分けられる。特徴量抽出では、音声信号から言語情報（言葉として論理を伝える情報）を抽出するために、短時間フレームごとに周波数分析を行う。音素認識と単語系列探索においては、事前に学習された確率モデルを用いて認識結果が得られる。

施工管理のハンズフリー化を実現するにあたり、先述のヒューマンマシンインターフェースが確立されるまで、音声認識によるコマンドは必須であると考えている。

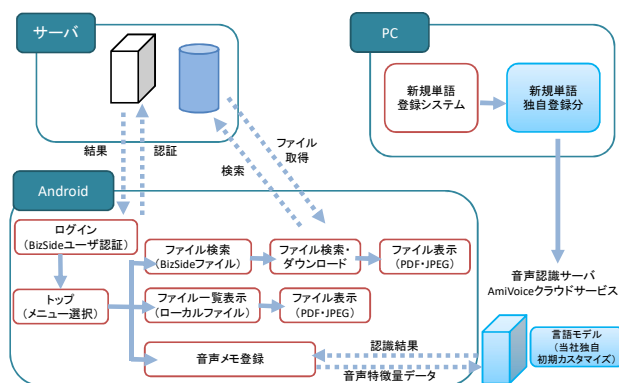


図-4 システム全体構成

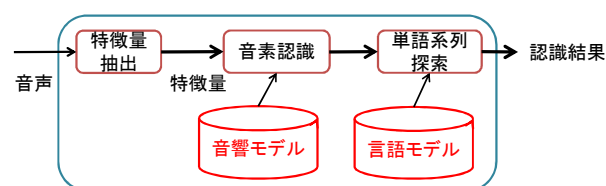


図-5 音声認識システムの構成

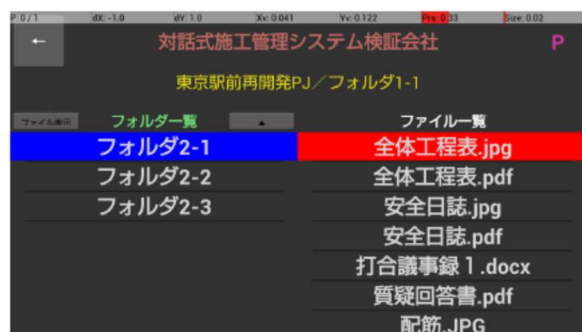


図-6 ファイル検索画面

4. 対話式施工管理情報システムの機能

4.1 ファイル検索

ファイル検索機能とは、サーバ上の任意の場所に保存されたファイルを手動操作、音声操作、あるいは脳波による操作で呼び出す機能である。プロトタイプでは、クラウドにアクセスし、フォルダ階層に沿ってクラウド上に保存されたファイルに到達し本体にダウンロードする仕様となっている。画面の一例を図-6 に示す。なお、実装されているユーザーインターフェースは InfoLinker 版では機器本来の操作方法であるボタン操作、タッチ操作に加えて本システムでは音声操作が可能となる。MOVERIO Pro 版ではボタン操作に加えて音声操作が可能となる。

4.2 ファイル表示

ファイル表示機能とは、クラウド上、スマートグラス本体あるいはSDカード等の記憶媒体に保存されたファイルをスマートグラスに表示し装着者が閲覧できる機能である。プロトタイプでは、表示できるファイルの保存場所はスマートグラス本体内に限定しており、クラウド上のファイルを開覧したい場合は先述のファイル検索機能を利用してファイルを本体にダウンロードするという手順が必要になる。同様にプロトタイプでは、表示できるファイルのファイル形式をPDF または JPEG 形式としている。これらの機能制限はプロトタイプのできるだけ多くの人に試用してほしいという性格上、セキュリティ面を

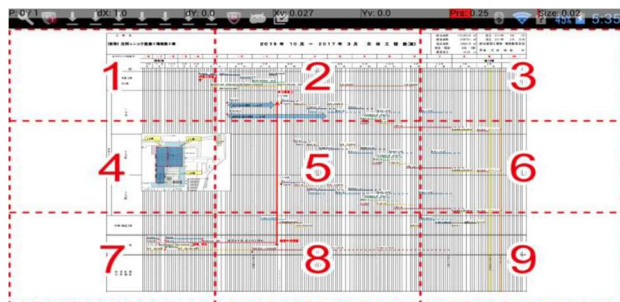


図-7 ファイル表示画面

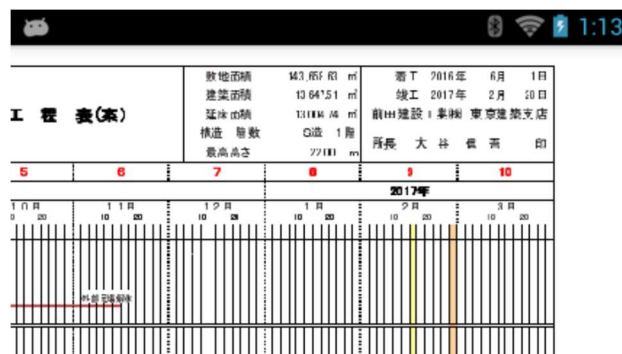


図-8 拡大後の画面

考慮したことによる。ユーザーインターフェースはファイル検索機能と同様に、InfoLinker、MOVERIO Pro ともに機器本来の手動による操作と今回新たに実装した音声による操作が可能である。スマートグラスの表示画面は大きさに限界があり図面や工程表の全体を表示すると文字が細くなり見づらいため、表示画面を9分割しそれらのうち指定した箇所を拡大表示することができる。拡大前のファイル表示画面を図-7に、拡大後の画面を図-8に示す。

4.3 音声メモ登録

音声メモ登録機能とは、スマートグラスに向かって発話した音声をメモ帳として保存できる機能である。音声認識エンジンには、すでに建設用音声認識アプリケーションの開発実績がある株式会社アドバンスト・メディア製のAmiVoiceを使用している。今回搭載したAmiVoiceにはすでに建設業向けの単語が多数登録されているが、当社での使用頻度の高い単語を追加登録することで、さらなる音声認識精度の向上を図った。プロトタイプでは、建築現場で使用する単語を追加登録している。AmiVoiceの音声認識エンジンはクラウド上にあるため、本機能の利用にはWi-Fiによるネットワーク接続が必須となる。

なお、音声認識結果はテキストファイルの形式で、スマートグラス本体に保存される。音声認識中の画面を図-9に示す。



図-9 音声メモ登録画面

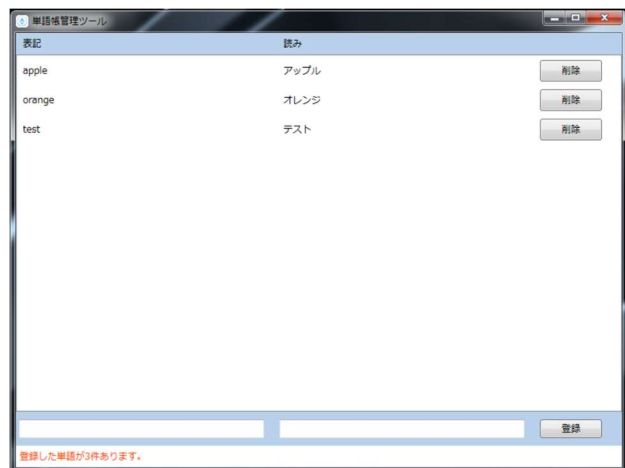


図-10 新規単語登録システムの登録画面

さらに、特定の構造物、用途など、限られた現場でのみ使用されるような単語を追加登録できるよう、Windows PC上から単語登録可能なソフトウェア「新規単語登録システム」を利用することができる。登録画面を図-10に示す。

5. 試験導入に向けて

施工管理のハンズフリー化を実現するために必要と考えられる機能のうち、4章で説明したとおり、最低限の機能を実装したプロトタイプが完成した。次の段階として、ウェアラブル端末（ハードウェア）及び本システム（ソフトウェア）を現場で働く職員に体感してもらい、要求事項を抽出し、今後のシステムの詳細な作り込み、導入するスマートグラスの選定及びアプリケーションの開発方針にフィードバックさせる必要がある。まずは建築工場の作業所を2現場選定し、試験導入の事前打ち合わせを兼ねて、作業所職員にスマートグラスと本システムを体感してもらいヒアリングを実施した。作業所概要を表-4に、ヒアリングで得られた作業所職員からの意見・要望を表-5に示す。

表-4 ヒアリングを実施した作業所の概要

	作業所A	作業所B
土木/建築	建築	建築
用途	一般事務所及び その他商業施設	一般事務所及び工場
新築/改築	新築	新築
構造	S造	S造
階数	地上9階、塔屋1階	地上3階(事務所)、 地上1階(工場)
工期	2017年5月～2018年2月	2017年5月～2018年9月
参加職員	・所長(50代) ・副所長(40代) ・主任(30代) ・係員(20代)	・所長(40代) ・副所長(40代) ・係員(30代)
使用端末	InfoLinker	InfoLinker, MOVERIO Pro

表-5 ヒアリングで得られた意見・要望

機能	意見・要望	作業所	年代
ファイル検索	任意の形式のファイルに アクセスできるとよい	A	50
ファイル表示	ファイル上の文字が見づらい	B	40
	音声操作による表示ファイル のスクロール幅が小さい	B	30
全体	タブレット端末より便利で 簡易に使える必要がある	A	50
	装着により安全性が低下しない ことが要件	A	50

ヒアリングの際、両作業所で単眼型のディスプレイに工程表を表示させたが、文字が見づらい、表示ファイルのスクロール幅が小さいといった画面サイズが小さいことに起因する指摘が複数見られた。このことを踏まえて実証試験に用いる端末を当初計画していた単眼型ディスプレイから画面サイズの大きな両眼型ディスプレイモデルへ変更することにした。後日作業所 B に両眼型ディスプレイモデルを持参し打合せ及びデモを実施したが、作業所 A と同様にタブレットやスマートフォンと同等以上の使い勝手の良さがなければ導入は難しいという意見を得た。操作方法そのものが慣れていないとその場で使いこなせるようなものでないということもあるが、機器の構成がヘッドマウントディスプレイ、それとほぼ同じ重量のコントローラ、及びそれらを接続するケーブルという身に着けるには煩雑で重量感のある構成になっていることも一因ではないかと考えられる。一方で、表-6 に示す AR の活用や画像認識等の適用ニーズは高いことが確認できた。出来形、出来高、及び障害物の確認といった作業をウェアラブル端末によって自動化することができれば、施工管理担当者の負担軽減と生産性向上に寄与するであろう。

なお、音声メモ登録機能については建築系専門用語の認識精度が高く事前デモの段階で改善提案等はなかったため、音声メモ登録機能のみを実装したスマートフォン端末を用いて作業所 B で実証試験を実施し、タ札等で使用している。

表-6 ヒアリングで得られた技術ニーズ

技術ニーズ	作業所	年代
ARを活用した施工誤差のリアルタイム表示	A	40
配筋検査での鉄筋数の確認	A	40
鉄筋径やピッチの確認	A	40
地中障害物の探査 ⇒探査結果が図面になるとさらによい	A	40
コンクリートや足場を容易に拾えないか	A	20

表-7 実証試験で得られた使用感

機能	使用感	作業所	年代
音声メモ登録	文章の編集が面倒	B	40
	誤変換が多い	B	40
	軍手着用時や手が汚れているときに便利	B	40
	現場事務所に在室中は音声入力を使用する機会が少ない	B	40
	作業場所から現場事務所が遠い場合に特に有効ではないだろうか	B	40
	杭工事のときなど現場事務所に戻るタイミングがないときに有効	B	40
	事務所に戻らず現場でメールを返信できる	B	30

表-7 に作業所 B での実証試験の中で作業所職員から聞かれた使用感を示す。建築系専門雑誌の記事を音読した際には誤認識がほとんどなかったが、現場で使用した際には誤認識をするケースがあった。この点に関しては、誤認識するのが専門用語なのか日常会話で使用する用語なのか、また音声認識クラウド上の辞書に登録されていない単語なのかそうでない単語なのか、発話者の滑舌やイントネーションによるものなのかといったことを検討し改善する必要がある。また、誤変換した場合の修正に手間がかかるという意見があった。修正作業はスマートフォンでメールやメモ帳を作成するときの修正と同様手で行うことになるため、音声認識技術の利点を生かすことができない。また、軍手着用時や手が汚れているときも修正作業は困難である。

また、若手の職員など現場に出ている時間が長い職員にとっては音声メモ登録の機能は有効であるが、所長、副所長といった立場の職員は、現場事務所にいる時間が長く、事務所内ではあまり音声メモ登録の機能を使用する機会は少ないという意見もあった。

そのほか、超高層集合住宅など作業場所から現場事務所が離れている場合や杭工事等で職員が現場を離れられるタイミングが少ない場合に、現場にしながらハンズフリーに必要な数値の記録やメールの返信を行える点は非常に有用であるという声があった。

6. 成果と課題

以上を踏まえてヘッドマウントディスプレイ型ウェアラブル端末を用いた現場実証を開始するにあたり 3 つの課題を設定した。

- ① タブレットに近い直観的なユーザーインターフェースを有する端末の選定
- ② 現場内で安全に装着できる工夫
- ③ AR 技術を活用して 3D データと実際の現場の状況を現地で重ね合わせるようなアプリケーションの開発

課題①については図-11 に示す Microsoft HoloLens のような赤外線センサーを搭載した端末であれば眼前のディスプレイに映し出された画像を自分の指で操作することができるため、直観的なユーザーインターフェースとい



図-11 Microsoft HoloLens

えるが、課題②をクリアすることが難しく、引き続き機種選定にあたっている。課題③については図-11の端末を用いて現場の状況と3Dデータを重ね合わせる取り組みを進めている。

プロトタイプを作業所職員に体験してもらいながらヒアリングを実施したことで、表示画面の大きさや見ることのできるファイル形式の多さといった数字で表すことのできる仕様もさることながら、すでに普及している現行のデバイスに対していかに違和感なく使用できるかということが、端末を新規導入するかしらないかに大きく関わるということがわかった。例えば、スマートグラスを着用した状態で、タブレットやスマートフォンのタッチパネルを操作するように目の前で指を移動させると画面移動や項目の選択・決定ができるような端末は、本システムの開発着手当時には一般には発売されていなかったが、現在では決して安価とは言えないが一般的な機種として市場に出回っている。Microsoft HoloLensは、現場で使用するには重量が大きいなど別の課題があるため、単純に端末を変えれば現場適用が実現するというわけではないが、日進月歩で進化するスマートグラスのハードウェア（端末）から、現場での使用に適した端末を選定することが、実証段階での一つの重要なポイントであることが確認できた。

7. おわりに

ヘッドマウントディスプレイ型ウェアラブル端末の画面上に図面や工程表を、音声認識技術によってハンズフリーで表示させることができるアプリケーションのプロトタイプを開発した。今後は、今回作業所職員から得られたニーズ及び3つの課題（安全・ハードウェア・ソフトウェア）について検討すると同時に、土木作業所を含めた聞き取り調査を実施しプロトタイプへの機能の追加・改良を行うことでさらなる開発ニーズを抽出し、作業所に積極的に展開可能なウェアラブル施工管理システムの構築を目指す。

参考文献

- 1) 内閣府：平成28年版高齢社会白書（全体版），内閣府，p.3，2016
- 2) 日刊建設工業新聞：建設人ハンドブック 2017年版，日刊建設工業新聞社，pp.14-29，2016.
- 3) 総務省：平成28年版 情報通信白書 第1部，pp.151-155，2016年7月
- 4) 鈴木泰智，松本郁夫，飛岡依織，榊原正博，大井一弥，関島秀久，越地福朗，儲末名，関口貴子，石丸園子，竹田泰典，時任静士，西澤松彦，三寺秀幸，長野満幸，棟方裕一，竹内敬治，尾坂格，瀧宮和男，前山利幸，鈴木雄二，藤原幸一，井上一鷹，川島隆太，當麻浩司，荒川貴博，三林浩二，野村健一，横田知之，前中一介，黒田知宏，鈴木克典，北條将也，中西敦士，加藤真悟，佐藤友美，水島洋，大山聡：ウェアラブルセンシング最新動向，情報機構，pp.1-14，2016
- 5) 萩原一平，茨木拓也，松下明，井上芳浩，船瀬新王，青山敦，志堂寺和則，荒川俊也，下村義弘，菅原徹，杉本千佳，木口雅史，成瀬康，横田悠右，東佑一朗，中川匡弘，片岡洋祐，濱川昌之，岡本剛，相良泰行，小林正啓，長谷川清，渡邊朗子，安田丈夫，瀬下涉，奥本雅規，宮澤清：製品開発のための生体情報の計測手法と活用ノウハウ，情報機構，pp.21-31，2017
- 6) 市瀬龍太郎，長橋賢吾，山下隆義，石井一夫，池田拓史，堀田一弘，藤田雄介，高村大也，大森隆司，高村淳，中田豊久，神田泰行，東博暢，広口正之，神田武，野辺継男，尾形哲也，堂前幸康，川西亮輔，児島諒，白土浩司，原口林太郎，岩田浩明，種石慶，奥野恭史，荒牧英治，若宮翔子，永田毅，吉田博，真砂啓，新屋ひかり，清家聖嘉，福島鉄也，佐藤和則，北山哲士，永田武，後藤正幸：人工知能・機械学習・ディープラーニング関連技術とその応用，情報機構，pp.279-292，2016.