

ARを利用した機材管理システムの提案と評価

國友 美希^{1,a)} 山内 正人^{1,b)} 加藤 朗^{1,c)} 砂原 秀樹^{1,d)}

概要：高性能で可搬型の情報端末を用いることにより，従来では不可能だった情報提示が可能になっている．その一例として，拡張現実感 (AR) 技術を利用して，映像に情報を重畳することを挙げることができる．本稿では，AR 技術を応用した機材管理システムを提案する．AR 技術を用いて必要な情報を提示することにより，機材管理を容易にすることを試みた．最近の仮想環境のように，機材とその利用が従来のように静的に決定できないような場合には特に，本方式が有効になることが期待される．そこで本稿では，本方式の有効性を確認するため，AR 技術を用いた機材管理システムのプロトタイプ的设计・実装を行い，評価実験によって機材管理における AR の有用性を示す．

1. はじめに

近年コンピュータの小型化・軽量化により，誰でも簡単に高機能情報端末を持ち歩くことが可能となり，人々は多くの情報を取得することが可能となった．一方で，ネットワークにおけるインフラ環境は従来の物理的インフラ環境から，仮想的インフラ環境へと変化しつつある．そのため，多くの情報を必要とするにも関わらず，情報を円滑に取得することが難しい場合がある．その一例として，機材管理を挙げることができる．

機材管理の現場において，サーバールーム管理者と機材管理者が必ずしも同一であるとは限らない．その際に，既存の機材管理の現場においては，シールやタグを使用して管理を行っていた．しかし，シールやタグを使用した情報提示方法では，情報更新の際に手間がかかり，機材管理者の負担になる．更に，この手間のために情報変更がなされない場合もある．更に近年ではクラウドや VM の一般化により，機材に関する情報は膨大かつ複雑化しており，既存の機材管理方法では管理することは非常に困難である．

そこで本稿では，AR 技術を応用した機材管理システムの提案を行う．機材管理を行う上で発生する間接的な情報伝達等によるミス，情報の更新履歴の不透明性，機材管理における操作ミス等の問題を解決し，機材管理における作業効率化に貢献することを目的としている．機材管理者の特定には AR マーカを用い，ネットワーク上にある管理

データベースから最新の情報を取得し，映像上に重畳して表示することができるシステムのプロトタイプ的设计および実装を行った．また，本方式が機材管理の作業効率化に貢献できるかどうかの確認のため，評価実験を行い，その結果をもとに機材管理における本システムの有用性を確認する．最後に本稿のまとめと今後の課題，更に本システムの今後の方向性について述べる．

2. 機材管理の課題

ある空間に存在する機材が全て単一の管理に属している場合にはあまり問題にはならないが，複数の管理ドメインに属す機材が混在している環境では，各機材に対して正しい表示をすることは重要である．機材の入れ替えや保守などの場面では，これらの情報が正確でない場合，誤った機材に対して保守作業を実行し，それに先立って shutdown することにより，運用中のサービスを止めてしまうような事故が発生する．そのために適切な情報共有は重要なファクタである．

従来の機材管理は，機材とその利用は概ね一対一に対応していたため，機材管理は直感的に行うことができた．その際に図 1 のようにシール等が多く用いられてきた．しかし，そのシールやラベルでの管理にはいくつかの問題点が存在する．まず情報変更の煩雑さを挙げることができる．シール等による情報の更新は，物理的な機材アクセスが必要である．そのため，特に遠隔で管理を行っている場合などは，シールの更新は必ずしも簡単な作業ではない．また，ネットワークケーブルなどは，貼付されているシール等を更新せずに，他の目的に流用することもしばしばであった．そのため，表示されている情報は必ずしも正しくないこと

¹ 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1

a) miki.1118@kmd.keio.ac.jp

b) masato-y@kmd.keio.ac.jp

c) kato@wide.ad.jp

d) suna@wide.ad.jp

も散見された。

表示されている情報が正しく変更されていない場合、トラブル発生時などの作業において、運用中のシステムに誤って操作してしまう事故が発生する原因となる。またサーバールームの管理者が機材管理者に対して、迅速に連絡を取ることができなくなる。

さらに、最近の 1U サーバなどの省空間型の機材では、シール等を貼付できる部分が限られている。図 1 のようにタグは運用上邪魔になることもあり、吸気口との干渉で障害が発生することもある。

また近年、仮想化技術の一般化により、直感的な機材管理が困難になりつつある。既存のサーバにおいては、機材本体を目視することによってエラーへの対処が可能であった。しかし、仮想環境で動作している VM では、ハードウェアとの対応が目視だけでは分からず、対応するハードウェアが動的に変化することもある。また、仮想化は技術を使用していなくても、直感的な操作を行うことができない場合もある。記憶装置を NAS(ネットワークアタッチトストレージ) に依存している場合には、これらの依存関係を把握することが保守作業には必須であるが、依存関係を直感的に現場で知ることは不可能である。仮想化インフラを可視化し、運用管理の研究もされている [1] が、機材管理者情報と仮想情報を一括して取得することは容易ではない。

これらの問題解決策として、バーコードや QR コード等を使用した機材管理のシステムも存在する [2]。しかし、既存のシステムで電子化が可能な情報には制限があり、全ての情報を一括して情報を提示するシステムは存在しない。

3. AR を利用した機材管理システムの提案

3.1 AR を利用した機材管理システムの概要

機材管理において、機材の情報を必要とする際の目的は大きく分けて二つ存在する。一つ目は、機材管理者の特定を目的とする場合である。複数の機材が混在する共同空間において、機材管理者の特定のため、機材管理者に関する情報が必要となる。二つ目は、その機材に関する詳細情報取得を目的とする場合である。トラブルが発生時に管理者がその場にいることはほとんどない。サーバールーム管理者が機材トラブルを発見した際、機材管理者へ連絡のために、機材管理者に関する情報が必須となる。更に、機材の保守に関連する機密性が高い情報もトラブルの修復には必要となる。この場合には機材に関する詳細情報が必要となる。

このような問題の解決のために、「情報取得」と「情報管理」という 2 種類のアプローチが必要となる。「情報取得」というアプローチに関して、目視での機材管理者特定を試みた。機材管理者を特定し、使用者情報や機材自体に関する詳細情報が必要な場合、情報を簡単に取得することを可能にする必要がある。ネットワークを利用して、機材管理



図 1 機材管理の現状

者がどこからでも簡単に情報変更を可能にする環境を整備する必要がある。そこで、人が目視可能な識別子を持ち、様々な情報を提示することができる AR 技術を利用し、図 2 の様な機材管理システムを提案する。

本システムではまず、機材管理システムの専用サイトにアクセスし、機材の使用者や機材に関する情報を登録し、AR マーカを作成し、機材に貼付する。AR マーカを目視すれば、ただちにある程度の情報を得ることができる。詳細情報を必要とする場合は、情報端末を利用して情報を取得することができる。

今回は ARToolKit[3] を Android に移植させた NyARToolKit[4] を使用してプロトタイプ的设计・実装を行った。このようなオープンソースで開発を行うことができることも、AR 技術を利用する大きなメリットのひとつであると考えられる。

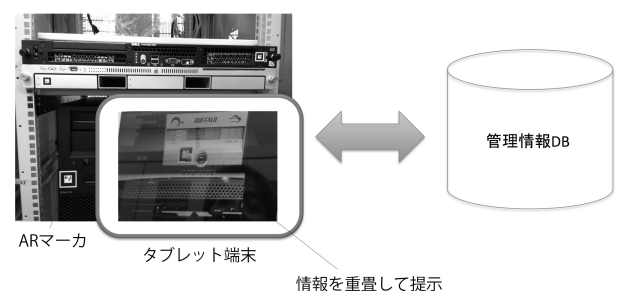


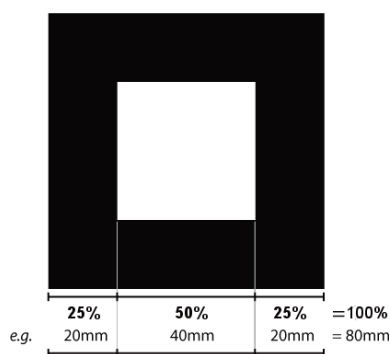
図 2 想定するシステム

本稿では、サーバールーム管理者に対する情報提示部分を中心に AR マーカや重畳する情報の設計・実装を行った。本稿で提案する機材管理システムが機材管理において有用性があるのか、法定点検に伴う停電時に行った評価実験によって確認を行った。

3.2 AR マーカの概要

機材管理者には、目印の目視で機材に関するある程度の情報を得ることができるよう必要がある。その際に、AR マーカの識別子に目視可能なテキストを使用し、機材の特定を可能にする。

AR マーカは、図 3 のように太い黒枠で白領域を囲うことによって構成される [5]。システムは白領域内の画像を 0-255 の数値でデータ化し、縦横の解像度を元にデータ化したパターンファイルでマーカの一致率を算出し、マーカの識別を行う。そのため、マーカの白領域内のデザインにかなりの自由がある。これにより目視可能な AR マーカをデザインすることができる。サーバールーム管理者に関する管理ドメインや通し番号等を識別子にすることで、目視による管理者の特定を可能にする。



(The Sixwish project[5] より引用)

図 3 AR マーカの基本

3.3 表示する情報の概要

機材に問題が発生した場合や停電等の理由で機材を shutdown しなければいけない場合、連絡先等の管理者に関する情報や保守契約に関する情報が必要となる。そのため、トラブル時には様々情報を円滑に取得することが重要である。機材管理において、バーコードや QR コード [2] を読み取り、間接的に情報を提示することは可能である。しかし、取得した情報を機材と照らし合わせて作業を行うと作業効率が落ちる。その上、作業上のミスを生じさせる可能性がある。このような場合、AR を利用することによって映像に重畳して情報を提示することができる。そのため、作業の円滑化と作業ミスを防ぐことが期待される。

このようにシール等に情報を表示するのではなく、AR マーカ等によって機材の ID を検出し、データベースにア

クセスすることによって情報提示を行う方式は、現場にいるオペレータによって、提示する情報の制御も可能になる。このことは、シール等では不可能だった柔軟性を提供できることを意味している。また、やむを得ずパスワードの提示が必要な場合でも、その事実を管理者に通知し、パスワードの変更を求めることも可能である。

4. 機材管理システムの設計・実装

4.1 AR マーカの設計・実装

一般的に AR マーカの認識は、 16×16 の 256 に分割して画像処理を行うことが多い。それぞれのマーカに対してパターンファイルを作成しておき、読み取った画像と比較して一致率が高いものを採用することによって行われる。この標準的な AR マーカを実際に試してみたところ、認識率は 50% 程度であり、実用に耐えるものではなかった。また、図 4 のような AR マーカでは、管理者の理解という点では優れているが、文字が小さいため、管理者の年齢によっては誤読する危険性もある。さらに AR マーカを NyARToolKit を用いて認識した場合にも、誤認識する可能性が高い。このことは、大きな AR マーカを使用できる場合には深刻な問題にならないが、本研究では 1U のサーバを対象にしたため問題となる。DVD ドライブの取り出し口に貼付できるようにするため、AR マーカの外周の 1.5mm 幅程度の余白を含めて $1.5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ 程度の大きさにする必要がある。AR マーカの設計には注意が必要である。

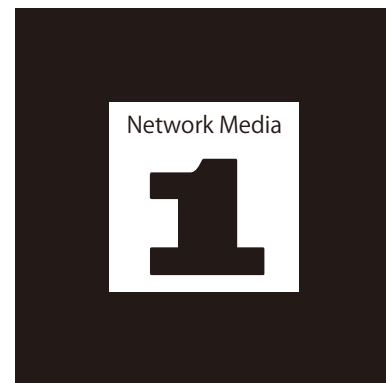


図 4 誤認識しやすい AR マーカ例

このような問題を解決するため、本研究では以下のような改善を行った：

- (1) AR マーカに記す ID を簡略化する。
- (2) ID に用いる書体を認識率が高いものにする。
- (3) 認識に必要な計算量が増えることになるが、マーカの画像処理における分割を、 16×16 の 256 分割から 64×64 の 4096 分割と細かくする。
- (4) AR マーカ認識時のパターンの一致率が 75% 以下の場合には認識しなかったと判定する。

(5) ID によって各文字の配置を工夫する。
以下、これらについて述べる。

AR マーカに使用する ID を簡略化し、管理ドメインの略号を英字 1 字と最大 2 桁の通し番号とすることにした。これによって認識率が高い AR マーカの設計が容易になった。また使用するフォントに関して、各種のフォントを使って試験し、認識率が最も高かったものを用いた。ここでは、各数字のフォントデザインに類似性の少ない「Blackoak Std」というフォントを用いることにした。

ID の表示であるが、まず AR マーカの白領域部分を図 5 のように 4 分割にし、図 6 のように管理ドメインを示す英字 1 字と 2 桁までの数字に対して、それぞれの位置を規定した。数字が一桁の場合には、英字の種類には依存せず、表 1 に示すような位置に各文字を配置する。例えば、N4 の場合、表 1 に示すように、N を図 5 に示す領域 3（左下）に、数字 4 を領域 2（右上）に配置する。N10 の場合には、文字 N を領域 1（左上）に、数字 1 を領域 3（左下）に、数字 0 を領域 4（右下）に配置する。その結果生成される AR マーカは、図 6 に示すようなものになる。数字の 2 は 3 や 8 と誤認識することが多かったため、それぞれの位置を変えることによってパターンとして区別しやすくすることがこの配置の目的である。

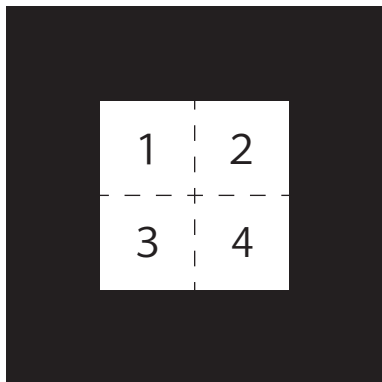


図 5 四分割にした白領域

表 1 ID の文字の配置

ID	英字の位置	数字の位置
N 1	N : 1	1 : 2
N 2	N : 3	2 : 4
N 3	N : 4	3 : 1
N 4	N : 3	4 : 2
N 5	N : 2	5 : 3
N 6	N : 1	6 : 4
N 7	N : 4	7 : 1
N 8	N : 3	8 : 2
N 9	N : 2	9 : 3
N10	N : 1	1 : 3, 0 : 4

数字が二桁の場合には、基本的には一の位の数字に対応

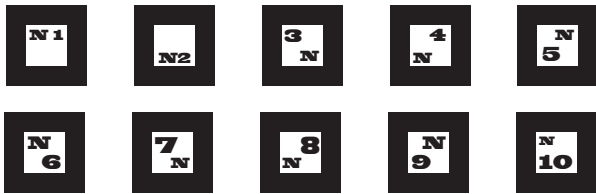


図 6 誤認識防止のための AR マーカ配置例

した領域（例：17 の場合には図 7 に示すように、7 と同じ領域 1）に表示する。ただし、二桁の数字を単純にその領域に記すのではなく、領域をさらに 2×2 の 4 等分し、配置を工夫する。管理者が目視した際に誤解しないように、10 の位の数字は 1 の位の数字の左に配置するが、数字によって位置と文字の大きさを変えることにより認識率の向上を図った。詳細な配置規則は紙数の関係で省略する。



図 7 下 1 桁が同じ AR マーカ

4.2 情報表示の設計・実装

実空間に投影されているのにも関わらず、たくさんの情報を画面上に撮影すると、画面に映る機材を隠す可能性がある。そのため、多様な情報を直感的に提示する方法として、図 8 のように画面の左上に情報提示することにした。ただし、情報がただ表示されているだけでは、どの機材の情報なのかを判断することは難しい。そのため、対応する AR マーカに四角形のオブジェクトを表示し、AR マーカと機材の詳細情報との直感的な把握を可能にした。更に、図 9 のような複数のマーカを同時に読み取ることも可能である。その際に、提示している文字の背景の色と対応した AR マーカに表示された四角形の色を同じものにするによって、混乱を避けることができる。



図 8 情報提示画面



図 9 近接する AR マーカ



図 10 貼付した AR マーカ

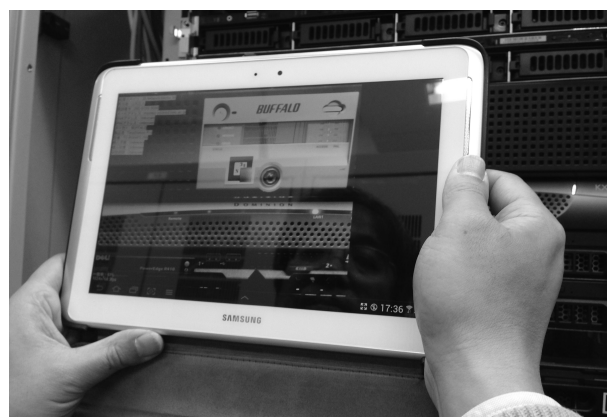


図 11 評価実験の様子

5. 評価

5.1 実験概要

本稿で提案する機材管理システムの有用性を確認するために、評価実験を行った。2013 年 12 月 29 日に法定点検に伴う停電の際にサーバラック 5 台に設置されている 74 台の機材メンテナンスを対象に評価実験を行った。

停電後のサーバの復旧作業を行う際に、例年のサーバ復旧作業と比べて、サーバ管理者の作業コストの差を調査した。AR マーカの読み取りは、今回は Samsung 製 GALAXY Note10.1 を使用した。74 台のサーバに、最小 1.5cm×1.5cm、最大 3.5cm×3.5cm の AR マーカを作成し、機材の大きさに合わせて図 10 の様に配置した。今回は、マーカが近接している場合、単一のマーカのみを認識する様に制御を行った。さらに、AR マーカで詳細情報を取得する際に、AR マーカの誤認識についても調査した。

5.2 実験結果

復電後のサーバの復旧作業中、問題が発生した機材が複数あった。その際、図 11 に示すように AR マーカにタブレット端末をかざして電話番号を取得し、直接電話をかけることができ、機材トラブルに対して迅速な対処が実現した。例年必要だった情報取得に関する時間を短縮することができた。また、複数の機材で問題が発生したため、本システムで情報取得を行ったが、AR マーカの読み取り時

間に差があったものの、誤認識は起こらなかった。これらの実験の結果から、本稿で提案した機材管理システムの有用性を確認することができた。

6. 考察

今回の実験では、AR マーカから詳細情報の取得を行った際に、サーバルームの明るさや機材の位置によって読み取り時間に差があり、それによって情報取得の時間に影響した。AR マーカの位置によっては光が反射してしまい、AR マーカパターンの一致率に影響を及ぼしていたことが分かっている。今後、反射を防ぐ素材でマーカを作成する等の対策を行うことで、読み取り速度の改善を計ることが必要である。また、情報端末のカメラの設定によってもマーカの読み取り精度に差が発生した。そのため、今後は露出の細かな制御が必要である。

今回の実験では実施しなかったが、AR マーカの複数表示を可能にすることによって、機材の依存関係を確認することもできる。これにより、シャットダウン作業の際に必要な情報を円滑に取得することが可能となる。

今回は AR マーカの機材管理のシナリオでの有用性を確認することを主張にしたため、管理情報データベースはタブレット上で動作するアプリケーションソフトウェアに埋め込んだ状態のプロトタイプの実装を用いた。停電時の

データベースアクセスに工夫は必要であるが、外部データベースとの連携や、管理者に応じた情報開示のレベルの設定など、より実用化に向けた検討が今後必要である。

さらに本方式は、遠隔地にある別の情報端末と連携することにより、データセンタで稼働している機材の遠隔保守をインタラクティブに実施するような拡張も、今後の課題である。

7. まとめ

本稿では、機材管理に必要となる情報を円滑に提示することによる機材管理の作業効率化を目的として、AR を利用した機材管理システムの提案を行った。そして、迅速に機材を識別することができる AR マーカ、機材に関する詳細情報を重畳して映像に提示する情報表示システムのプロトタイプ的设计・実装を行った。

法定点検時の停電の際に行った評価実験を通して、復旧作業時にトラブルが起こった場合に、必要な情報を円滑に取得することができ、機材管理の作業効率化に貢献した。また、デザインを工夫した AR マーカを使用したか、誤認識は発生しなかった。今後の課題としては、サーバルームの明るさやマーカの位置による読み取り向上を図り、仮想化された情報の提示方法や機材の依存関係に関する情報の提示方法等も検討する予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24650031 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 野村裕土, 小川淳: 仮想インフラを可視化する運用管理, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, Vol. 2, No. 12 (2010).
- [2] NTTAT: 物品管理システム QpIDeal, <http://www.ntt-at.co.jp/product/qpideal.web/>.
- [3] 加藤博一: 拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発, 信学技報 PRMU, Vol. 2001, No. 232 (2002).
- [4] project, N.: NyARToolkit project, http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/?page_id=55.
- [5] The Sixwish project: AR マーカーの基本, <http://sixwish.jp/AR/Marker/section01/>.