

# 建設ICTにおけるImage Based Communication Tool（情報共有プラットフォーム）の研究開発

小川紀一郎<sup>1</sup>・武藤良樹<sup>1</sup>・池田辰也<sup>1</sup>・織田和夫<sup>1</sup>・吉村方男<sup>1</sup>

<sup>1</sup>アジア航測株式会社（〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺1-2-2）

近年の公共事業では、財政状況の変化に伴い、事業構造が大きく変わったことから複雑な事業調整が必要とされ、計画通りの進捗管理が困難になる場合がある。これに伴い、発注者と受注者双方の事業に対する姿勢の相違などから、認識の違いが発生し、各事業プロセスでの合意形成に時間を要する場合がある。このような状況を改善するためには、参画主体（発注者・請負者・国民）の間で情報共有を確実に行うことが必要である。

本論文では、確実な情報共有の手段として画像を用いることで、複雑な情報を可視化する情報共有のためのサービス概要と構成及び情報共有の効果であるタイムコストの縮減について報告する。

キーワード 情報化施工, リアルタイム, 統合管理技術, 地理空間情報

## 1. はじめに

国土交通省中部地方整備局建設ICT導入研究会の「建設ICT導入研究会の目標と行動指針」<sup>1)</sup>で指摘されているように、建設産業の全ての過程において、情報の伝達が不明瞭な部分があり、情報共有の齟齬や進捗管理の不具合が顕著化している。社会資本整備に当たっては、近年の社会情勢の変化によって事業の複層化が進み、関連事業間での調整が複雑化する傾向にあり、計画通りの進捗管理が困難な場合もある。

発注者と受注者双方の事業に対する認識の違いなどから、工事完了まで不具合に気づかないような事態は避けなければならない。

一例を挙げると、計画⇒設計⇒施工⇒管理⇒修繕と事業が進む中で、基本となるデータの管理や各段階の事業経過の引き継ぎが不明瞭であれば、スムーズな事業の進行や適切な事業費の配分に支障が生じてしまう。

また、受注者においても、各段階の担当会社が異なること、後工程で利用しやすいデータ具備への配慮がないこと等から、事業プロセスの各段階でデータの齟齬が発生している。齟齬の生じた事業プロセス状況下で国民に情報開示を行うことにより、国民の事業への正しい理解を妨げるだけでなく、ひいては誤解を生み、事業に対する不満や疑念へと繋がるようなことがあってはならない。つまり、責任ある議論にするためには、正しいデータや情報が必要である。これらの社会的ニーズを満足するためには、各段階におけるコミュニケーションを適切に行なう必要がある。

このようなコミュニケーションを促進するものとし、発注者と請負者の間で工事情報を共有する「工事施工中における受発注者間の情報共有システム」の機能要件が国土交通省でまとめられており<sup>2)</sup>、これに基づいたASP方式のシステムも存在する（例えばビーイング社の「現

場DEネット」等）。ただし情報共有の対象は主に文書にとどまっている。そこで筆者らは、画像をベースとした情報共有プラットフォーム（Image-Based-Communication-Tool, 以下IBCT）を提案することとした。

画像は、複雑な情報を可視化し、工事現況などを手早く把握することができ、データ取得も比較的簡単であり、発注者・請負者・国民の間で理解しやすい形で情報共有する媒体に適している。設計図や地図といった基礎的な情報も画像として取り扱うことが可能であり、これらを管理する上でも都合が良い。

IBCTは格納する画像コンテンツとして一般のデジタルカメラで撮影された画像だけではなく、全周囲映像の管理と描画機能を提供する。これによって、撮影地点における工事現況を全方位で把握することも可能になる。更にIBCTでは、既に撮影済みの画像や図面だけでなく、設置型もしくは移動型のカメラから一般の回線（有線・無線）を経由して現況をリアルタイムに受信し、描画する環境を提供する。

3次元CAD図面や測量情報から起こした3次元CGも、最終的な施設のイメージを得る上で強力な情報となり得るが、一般のPCにおいては描画性能に問題があり、有効に活用することは難しかった。IBCTでは、3次元CGをあらかじめレンダリングし、全周囲画像として保存したものを複数視点用意することで、PCに付加をかけることなく3次元CG空間内の視点移動を実現している（ライトモデル）。

本論文では、まずIBCTの概要を述べた後、IBCTにシステム構成を記述する。続いてIBCTを構築する上での要素技術として、IBCTの特長でもあるライトモデルおよびリアルタイム表示について述べ、リアルタイム配信適用事例と東日本大震災での情報発信事例について紹介する。最後に本システムを利用した技術展望を述べる。

## 2. IBCTの概要

IBCTは、図面や画像を時刻と座標付でデータベース管理し、現況証拠として画像を積極的に利用できるようにする情報共有システムであると同時に、この画像を用いて、具体的な現況について当事者間のコミュニケーションを促進する電子掲示板機能（IBCTでは「会議室」と呼ぶ）も提供する（図-1）。

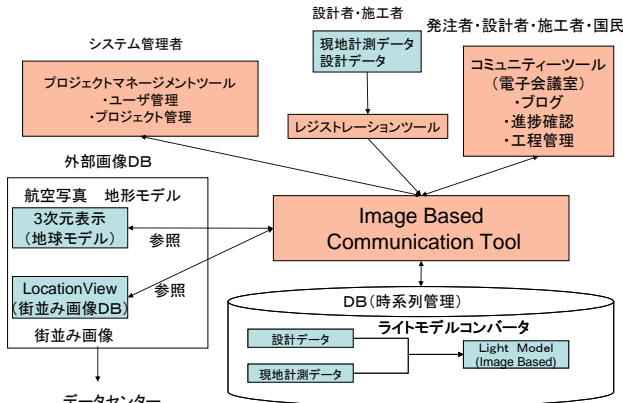


図-1 IBCTの運用イメージ

例えば、施工現場で撮影された写真画像をインターネットや携帯電話からのメールによってデータベースに登録し、この写真をプロジェクト内で許可されたユーザ間で共有・表示することが可能であり、その写真画像を表示しながら進捗状況を報告したり、施工の問題点を質問したりすることができる「コミュニケーション」を行うことができる（図-2）。

会議室ではプロジェクトに登録されたコンテンツを呼び出し、表示することが可能である。各発言には、どのコンテンツをどのように表示しながら発言したかが履歴として記録される。この発言を他のユーザが参照すると、前発言者が発言時に表示していたのと同じ状態で画像コンテンツが表示される。すなわち、実際に見ている画像表示状態をお互いに参照でき、その結果、例えば「左上に表示した写真のこの箇所に問題あり」など、発言者間で画像情報を用いたコミュニケーションを確実に行うことができるように工夫されている。



図-2 IBCTによる画像表示とコミュニケーションの例

## 3. IBCTの構成

IBCTは2つのデータベースと、これを取り巻く4つの主要機能から構成される（図-3）。

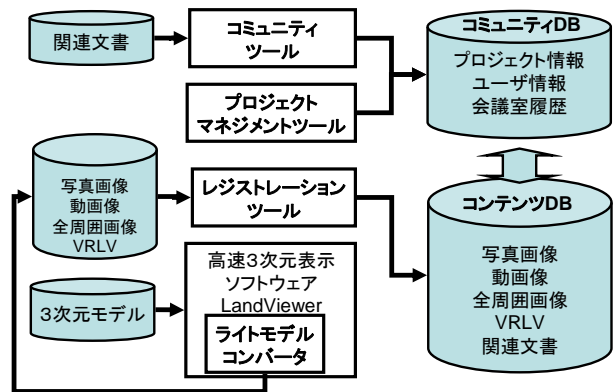


図-3 IBCTの構成概要図

### (1) データベース

- a) プロジェクトDB
- b) コンテンツDB

### (2) 主要機能

- a) コミュニティツール
- b) プロジェクトマネジメントツール
- c) レジストレーションツール
- d) ライトモデルコンバータ

以下それぞれについて解説する。

### (1) データベース

#### a) プロジェクトデータベース

プロジェクトで共有するコンテンツ（主として撮影位置・撮影時刻付の画像データ）とその付随情報（緯度経度など）を管理する。コンテンツとして登録できるのは以下のものである。

#### ・写真画像

デジタルカメラなどで撮影され写真画像である。撮影地点の座標および撮影時刻と共に管理され、プロジェクト内で「証拠文書」として取り扱う。

#### ・動画画像

時系列的に撮影された一連の画像である。撮影地点の座標と共に管理される。

#### ・全周囲画像

全周囲画像は、1つもしくは複数のカメラで撮影した視点の回りの方角・高度角に対応する画像を正距円筒図法によってパノラマ画像に合成したものである（図-4）。このパノラマ画像を球面にテクスチャ画像として貼り付け、球の中心より任意の視野を指定すると、あたかも実際に撮影した位置でみているように画像を再生できる。

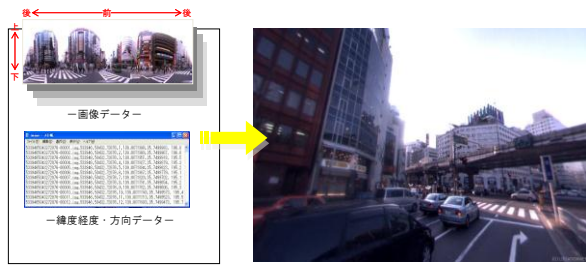


図-4 全周囲画像の例

全周囲画像には位置情報が添付されて格納されているので、地図上に撮影した位置を表示することができる。

・ライトモデル

3次元モデルのレンダリング結果を全周囲画像として保存したもので、3次元メッシュ上の一連の複数の視点上で生成されている。表示時には、全周囲画像と同様に視点移動や視野角の指定ができる(図-5)。ライトモデルについては、4の(1)で詳述する。



図-5 ライトモデルによる3次元モデルの表示

・関連文書

ユーザが発言時に関連文書(pdf ファイル形式)を登録することができる。

b) コンテンツデータベース

コミュニティデータベースは、情報共有プラットフォームの中核となるデータベースで、大きく分けて次の2つを管理する。

・コミュニティ管理情報

各プロジェクトの情報・ユーザ情報・コンテンツ DBとの連携情報(プロジェクトからの閲覧権限等)を管理する。

・コミュニティ履歴情報

プロジェクトの電子掲示板(会議室)での発言の履歴を管理する。

(2) 主要な機能

a) コミュニティツール

IBCTの中心的な機能である情報共有プラットフォームの中心機能である。管理者によって開設されたプロジェクト単位に電子掲示板(会議室)が設けられており、WEB-APIを通じて書き込むことができる。

b) マネジメントツール

WEB-APIを通じてコミュニティの管理を行い、コミュニティデータベースに記録する。具体的には、次の機能を有している。

・プロジェクト管理

プロジェクト全体の管理(新規作成・使用可能)、プロジェクトの有効期間、プロジェクトの会議室に書き込めるユーザなどを管理する。

・ユーザ管理

IBCT上で利用できるユーザのID・パスワード・閲覧権限・画像の登録権限を管理する。

・コンテンツ管理

コンテンツDBとコミュニティツールの連携を管理する。また、プロジェクト間でコンテンツを登録する

c) レジストレーションツール

レジストレーションツールは、画像コンテンツを各種登録するものである。

・写真画像

プロジェクトごとに割り当てられた専用のメールアドレスに送信することによってGPS付携帯写真で撮影した画像を直接コンテンツとして登録できる。

・動画画像

時系列的に撮影された一連の画像である。撮影地点の座標と共に管理される。

・全周囲画像

専用の全周囲画像登録ツールで登録する。

・ライトモデル

ライトモデルコンバータで登録した画像をオフラインで登録する。

d) ライトモデルコンバータ

地形や構造物情報が格納された3次元空間モデルを一般のコンピュータでも表示できるように、高速3次元表示ソフトウェアでレンダリングし、全周囲画像の形式にコンバージョンする。ライトモデルについては、次章で詳述する。

4. IBCTの要素技術の開発

(1) ライトモデル

3次元CAD図面や測量情報から起こした3次元CGは、現地の地形モデルに重ね合わせて表示すれば、任意の位置から見た施工の途中もしくは最終的なイメージを生成することができ、現況の写真と比較するのに都合がよい。

しかし、複雑な3次元モデルの描画を行うには、グラフィックス描画性能の高いPCが必要であり、一般的な

PC で有効に活用することは難しかった。

ライトモデルとは、3次元CGをあらかじめレンダリングし、全周囲画像として保存したものを複数視点用意したものである。あらかじめコンバージョンすることにより、データ伝送量とレンダリング処理の軽減化を実現することができる。すなわち、特別な処理能力を有するPCでなくとも、これらのデータにアクセスし、表示することが可能となる。

ライトモデルコンバータは、以下の処理方式で全周囲画像と、位置情報データを作成する。

- ① 表示したい3次元測量データ (DEM等) や3次元設計データをアジア航測 (株) で保有している高速3次元表示ソフトウェア LandViewer に登録する。
- ② LandViewer を用いて、指定した視点から透視投影による3次元レンダリングを行う (図-6上)。
- ③ ②で作成したレンダリング画像を合成することにより、ある位置から見る事ができるあらゆる方位 (周囲360度・上空・下方) を一つの画像内に正距円筒図法により格納する (図-6下)。

正距円筒図法で生成したパノラマ画像の各カラム・ライン位置は方位角・仰角に対応しているため、任意の方向を見たときの中心投影視野を再現することができる。視野内の各画素の方位角と仰角を離散的に計算し、後は線形な内挿処理を施せば、視野内の任意の画素の方位角・仰角を効率的に計算することができ、OpenGLなどの3次元レンダリング技術を介することなく、撮影位置からの任意の視点方向の視野をリサンプリングすることが可能である<sup>3)</sup>。

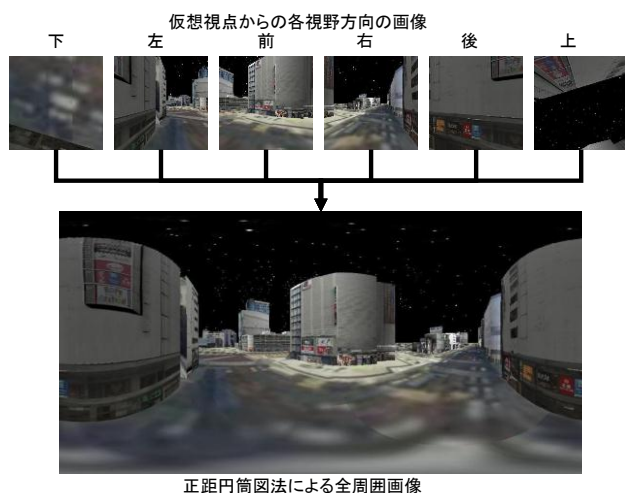


図-6 ライトモデルの生成

## (2) リアルタイム画像配信

Google StreetView に代表される全周囲映像は、地理空間を地上視点から把握する上で優れているが、時々刻々と変化する状況を把握することは不可能であった。IBCT に組み込まれたリアルタイム画像配信は、全周囲

カメラを搭載した車両で映像を従前のように収集しながら、公衆無線回線を通じて映像を送信し、ユーザに最新の映像を閲覧する環境を提供するものである<sup>4)</sup>。

リアルタイム画像配信の概念図を示す。車両に搭載されたPC内に蓄積された画像は、画像転送プログラムによって全周囲ソリューション配信サーバに転送される。この際、各映像にはGPSで計測された撮影位置が添付される。GPS全周囲ソリューション配信サーバ上でデータベース化された画像は、一般のインターネット回線を通じてクライアントに映像を配信する。

転送できる画像のサイズやフレームレートは、無線回線のより伝送レートで決定される。モバイル WiMAX (上り10Mbps) を利用すれば、2000x1000画素サイズの全周囲画像を毎秒1秒程度転送することが可能である。また、全周囲画像だけでなく、定点カメラなどの画像を送信し、管理することも可能である。

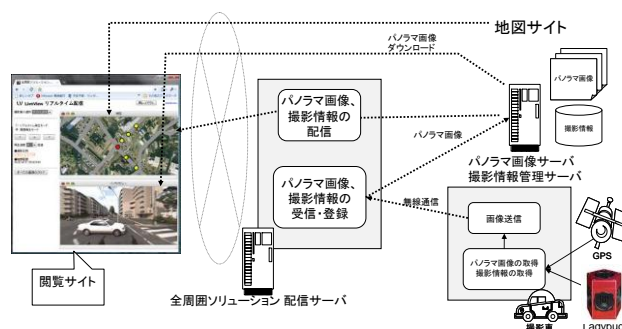


図-7 リアルタイム画像配信概念図

リアルタイム画像配信の特長は次の通りである。

### a) 複数クライアントへの同時映像提供

クライアントとなるPCは、車両に搭載されたPCから直接に映像を取得するのではなく、一旦全周囲ソリューション配信サーバに格納された映像を、専用ウェブページを通じて閲覧する。すなわち、世界中のどこからでも一般のウェブブラウザを利用して複数のクライアントから同時にアクセスが可能である。

### b) 複数カメラからの同時配信

全周囲ソリューション配信サーバは、複数の車両のPCと同時に通信して、画像を収集することが可能である。ユーザは、専用ウェブページ上で撮影している車両を選択して閲覧できる。

### c) 映像履歴の閲覧

実運用においては、今撮影している映像の少し前の映像を再度閲覧し、精査することが必要となる場合がある。全周囲ソリューション配信サーバには、撮影された映像の履歴を保存しており、地図に示されたアイコンを通じて、過去に収集された映像にアクセスすることができる。

## 5. リアルタイム工事情報配信実験

IBCT が実際の工事現況を遠隔から確認と、遠隔地にいる利害関係者への事業説明用のツールとして適用できるかを検証するため、平成 21 年 9 月 4 日、平成 22 年 2 月 25 日、平成 22 年 7 月 21 日に行われた建設 ICT 研究会主催の建設 ICT 現場見学会（三重県津市、岐阜県可児郡御嵩町、静岡県富士宮市）の状況を建設現場のオープン化を目的に関係者にリアルタイム配信した。

見学会の現地では、全周囲カメラを歩行型撮影装置に搭載して見学会の様子を撮影し、NTT ドコモの FOMA 回線を利用して撮影した画像を毎秒 1 枚程度の速度で IBCT に登録し、これらの画像をセキュリティーが施されたインターネットサイトで閲覧できるようにした。

現地見学会の開催時間帯（13:00～16:00）中 IBCT への訪問回数は 1 回の現場見学会当たり約 60 回であり、関係者に対して現地の情報を同時配信したことが確認された。

## 6. 東日本大震災への迅速な情報提供

東日本大震災において、アジア航測では震災翌日から災害情報収集とホームページによる災害情報発信を行った。その中で様々な画像情報を効果的に管理し、提示する新しい試みとして、画像情報の閲覧に特化した情報共有プラットフォーム”IBCT”を活用した。

IBCT は復旧対策事業の意思決定者と現場担当者との相互理解を深め、最適な現場管理や即時的な技術判断、そして次なる対策を迅速に行うための支援情報を提供する。

例えば、被災後の航空写真と地上からのパノラマ画像（全周囲画像）を並列に提示することにより、震災後の被害状況の判読が可能になる。

これらの画像は時系列に並べて整理することも可能であり、災害直後から復興までを一元的に管理することも可能であり、今後の公共事業を推進する上での具体的なコミュニケーションを実現することが可能となる。

## 7. 今後の展開

現在、工事画像のライブ配信やライブカメラデータロギングなどの実証実験等を通じて IBCT の評価試験を行っており、実際の工事映像を閲覧できるシステムとしてテスト運用を始めている。

今後は IBCT に登録できるコンテンツの種類を逐次拡張していく予定である。特に過去から現在に至るまで膨大な数が残されている図面情報を IBCT で統合的に扱える環境を整備する。

作成年次や精度の異なった図面を統合的に管理するには、各種図面の位置的な重ねあわせを行う手法を確立する必要がある。例えば紙図面としてしか残されていない図面については、GPS 測量等によって図面上のコントロールポイントの位置を定めることによって IBCT で取り

扱えるようになる。

本技術を応用すれば、これまでに蓄積されてきた、「測量データ」・「設計データ」等のデータを時系列的に一元管理が可能になり、位置情報とリンクした表示を実現することにより、画像とデータの確認が容易になる。事業管理者は既存の膨大なデータを時系列処理することで、受発注者間の協議において、実証的な証拠として撮影された画像を元にして場所と時間を限定した議論が可能となり、また関係機関との調整でも具体的な協議が行われ、建設 ICT 導入で謳われている無駄のない事業の進捗管理を実現に貢献できる<sup>1)</sup>。

## 付記

本研究を通して得た技術によって、工事・資産管理の効率化や災害時の状況分析や復旧計画の策定にも有効なものとなっているという点と情報提供手法が日本国内で優秀かつ社会に有益な ASP・SaaS クラウドサービスとなっていることに社会的な評価を頂き、財団法人日本産業デザイン振興会が主催する「2010 年度グッドデザイン賞」や特定非営利法人 ASP・SaaS・クラウド コンソーシアムが主催する「ASP・SaaS・クラウドアワード 2011」を受賞した。

## 謝辞

本研究は、国土交通省の平成 21 年度建設技術研究開発（実用化研究開発公募）の助成を受けて行いました（建設 ICT における Image Based Communications Tool（情報共有プラットフォーム）の研究開発）。

最後になりましたが、東京大学清水英範先生には本研究のアドバイザーとして多くの御助言をいただきました。ここに改めて深謝の意を表します。

また、建設 ICT モデル工事に対して情報共有サービスを試行頂きました国土交通省中部地方整備局横山ダム工事事務所、富士砂防事務所の皆様方、そしてモデル地区の調整にご協力いただきました中部地方整備局施工企画課、建設 ICT 導入研究会の皆様様に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局建設 ICT 導入研究会：建設 ICT 導入研究会の目標と行動指針目標と行動指針、<http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/index.htm>
- 2) 国土交通省：工事施工中における受発注者間の情報共有システム機能要件 (Rev. 2.0)【要件編】，2008 年 12 月
- 3) 織田和夫・池田辰也・武藤良樹・小川紀一郎：3-D Light Model / 全周囲パノラマ映像表示を応用した仮想空間の高速表示手法、平成 22 年度日本写真測量学会年次学術講演会論文集，2010 年 5 月
- 4) 池田辰也・織田和夫・辻求・武藤良樹・小川紀一郎：リアルタイム LiveView / 全周囲映像の即時配信システムの構築、平成 22 年度日本写真測量学会年次学術講演会論文集，2010 年 5 月

