

I-9 電子タグ、PDA 及び音声技術を用いた現場点検支援情報システム

An On-Site Inspection Support System Using RFID, PDA and Voice Technologies

矢吹 信喜¹ 植田 国彦² 山下 武宜³ 嶋田 善多⁴

Nobuyoshi Yabuki Kunihiro Ueta Takenori Yamashita Yoshikazu Shimada

【抄録】土木構造物の現場における点検業務の効率性、信頼性、継続性等の向上を図るため、現場点検支援情報システムに要求される性能や機能を検討し、システムの基本設計を行った。さらに、このアーキテクチャに基づいて、電子タグ、音声入出力、PDA、ワイヤレスネットワーク、携帯電話と VoiceXML によるナレッジマネジメント等の情報技術を活用した現場点検支援情報システムのプロトタイプを開発し、その適用例を示した。こうした多機能かつ現場に適したユーザインターフェースを有するシステムを利用することにより、作業の標準化、熟練技術者の知識の継承、非常時の適切な対処、作業効率の向上が図れると考えられる。

【Abstract】 In order to improve the efficiency, reliability, continuity of the on-site inspection task of civil engineering structures, we have investigated its required performance and functionality, and have designed its basic system architecture. On the basis of the architecture, we have developed a prototype on-site inspection support system using information technologies including RFID, voice input/output, PDA, wireless network, knowledge management utilizing cellular phone and VoiceXML, and showed its applications. The system will increase the efficiency of the inspection task, help the management deal with emergency, and facilitate the knowledge transfer from experienced inspection engineers to the younger generation.

【キーワード】 RFID, 非接触型 IC カード, 電子タグ, PDA, 音声入出力, 点検, ナレッジマネジメント

【Keywords】 RFID, PDA, voice input/output, inspection, knowledge management

1. はじめに

土木構造物を、長期間安全かつ経済的に供用するためには、建設および維持管理において、現場における点検を適切に実施することが重要である。また、何か異常を発見した場合、高度で専門的な知識、現場経験および蓄積された点検データに基づいて、適切な判断を下す体制を整えておくことが肝要である。点検作業に際しては、図面集や各種データの他、点検用計測機器などを携帯する必要があるが、現場の環境条件によっては点検箇所へのアクセスが困難な場合もあり、携帯できる資料と機器は限られる。また、最近では点検作業がアウトソーシングされる傾向にあり、点検員の点検結果が必ずしも連続的に引継がれず、異常時に以

前の点検データとの比較などがうまくできなくなることも予想される。今後劣化していく構造物を健全な状態に保っていくためには、現場の点検作業において、確実に全てのデータを効率よく取得し、即データベス化するのと同時に、データに基づいた技術診断に即応できるようにする必要があると考えられる。

これまでに、ウェアラブルコンピュータ (wearable computer) を橋梁点検現場に導入するための検討についての研究^{1) 2)}、ウェアラブルコンピュータを移動通信端末により情報管理センターにつないで点検員を支援する研究³⁾が行われている。一方、我々は電子タグ (RFID⁴⁾: Radio Frequency Identification: 非接触型 IC カード) を現地に設置して、各種情報を現地で読

1 正会員 Ph.D. 室蘭工業大学工学部建設システム工学科 助教授 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1
TEL: 0143-46-5219 FAX: 0143-46-5218 Email: yabuki@news3.ce.muroran-it.ac.jp
2 学会員 室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻
3 内閣府沖縄総合事務局北部ダム事務所 所長
4 正会員 電源開発株式会社エンジニアリング事業部開発企画グループリーダー

み書きするシステムを構築し、点検データをサーバ上で管理するシステムに関する研究^{5) 6)}を実施している。しかし、携行する読取書込み機器がやや大きいことが問題となっていた。

ところで、点検作業を正確に効率よく実施し、異常時や変状を発見したときに、的確に対処するためには相当な経験と知識が要求される。従って、知識やスキルの伝達のため、熟練点検者が非熟練点検者を同伴して指導しながら点検作業を行うことが通例であった。しかし、最近では、コスト削減のため1人で点検することが多くなってきたことや、点検作業のアウトソーシング化から技術の継承が困難となりつつある。従って、熟練点検者のノウハウや経験などを蓄積し、個人だけでなく組織全体で有効に活用するためにはナレッジマネジメント⁷⁾の適用が望まれる。

そこで我々は、土木構造物の点検作業の効率性と合理性の向上を目指し、以前に研究開発した点検支援情報システムを拡張することとした。本研究では、電子タグ、音声入出力、PDA (Personal Digital Assistants)、ワイヤレスネットワーク、インターネット、VoiceXML (Voice Extensible Markup Language)⁸⁾を用いたナレッジマネジメント等の情報技術 (IT) を活用した現場点検支援情報システムを提案する。本論文では、この現場点検支援情報システムの基本となるモデルに関して論じ、プロトタイプシステム及びダムの点検作業の適用事例について記す。

2. 現場点検支援情報システムの基本設計

従来の点検情報システムは、現場における点検や計測結果を何らかの方法で記録し、それを事務所のコンピュータに登録してデータベース化していくというのが大半であった。この方法は、データの一元的管理という点では長じているが、現場で野帳や記録用シート等に記入した場合はコンピュータへの入力に時間と労力がかかること、及び点検箇所を特定するために図面や高度な言語的表現が必要な場合が多く、せっかく現場で記録しても、後になると、どの場所であったのか特定しにくいといった短所があった。そこで、我々は、データを現場あるいは現物に物理的に残しておくことの重要性に着目し、小型で耐久性があり安価な電子タグに、計測結果や点検メモ等のデータを記憶させ、現場に貼り付け、随時、ノートパソコンで読み書きで

きるようなシステムの開発を行ってきた。しかし、前述のように、携行機器がやや大きいことが課題となっていた。

また、最近のネットワーク技術の進歩により、点検員が点検データを事務所のデータベースに容易に記録することが可能となってきたことから、ワイヤレスネットワーク等による適切なシステム開発が望まれていた。さらに、点検員が現場で疑問点があった場合の連絡・支援に関しては、通常の電話や電子メールによる方法のみならず、音声入出力やナレッジマネジメント等の最新の情報技術を取り入れたシステムの開発が必要だと考えられた。

そこで、本研究では、現在あるいは近い将来入手可能と考えられる情報技術に基づいて、点検支援情報システムに要求される機能や性能を検討して、システムの基本的な設計を行った。本研究で提案する点検支援情報システムモデルの全体を図-1に示す。現場点検員は、現状のPDAやウェアラブルコンピュータのような携帯パソコンの機能に加えて、音声入出力機能、携帯電話的通信機能、デジタルビデオカメラ機能、ワイヤレス通信機能、電子タグへの読み書き機能、大型画面機能を有した現場点検支援情報システムを携行する。これにより、キーボード操作をしないで、音声によりシステムを操作したり、携帯電話として使用して外部と連絡を取り合ったり、現場の写真を撮影したり、電子タグのデータを読んだり書いたりすることができる。さらに記録したデータをワイヤレスLANとインターネットにより管理事務所データベースに登録したり、点検協力機関や会社あるいはナレッジマネジメントシステムから点検に関する支援を受けたり、腕等に巻きつけた柔軟な大型ディスプレイにより図面を見たりすることができるようになる。

現在、これらの機能を全て備えているPDAやウェアラブルコンピュータは、未だ単体としては入手できない。そこで、本研究では、音声入出力機能を付けた、ワイヤレスLANに接続可能なモバイルコンピュータ、電子タグデータ読み書き装置 (リーダライタ) 機能を有するコンパクトフラッシュカードを付けたPDA、デジタルビデオカメラ、及び携帯電話を組合せて、前述のような要求性能を満たす現場点検支援情報システムのプロトタイプを開発した。このプロトタイプシステムでは、PDAとモバイルコンピュータをそれぞれ適切

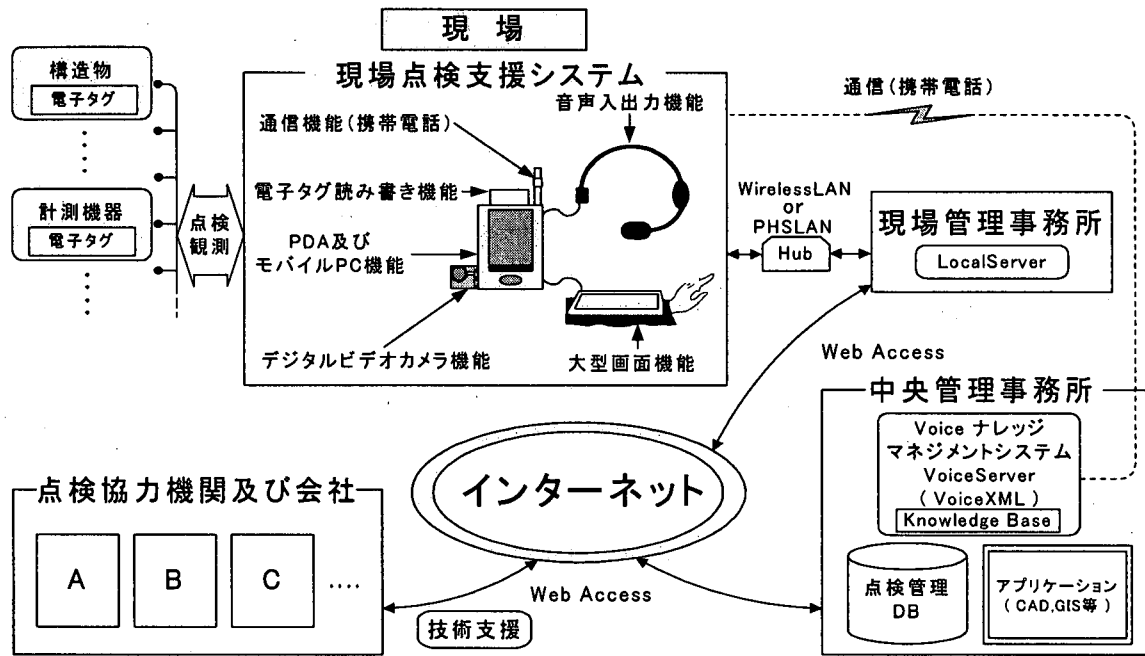


図-1 現場点検支援情報システムモデル

な環境で使用し、適宜データを同期することにより情報共有を行う。また、モバイルコンピュータに PC カードを装着させ無線 LAN または PHS LAN によって、現場管理事務所にアクセスし、データベースとのデータのやり取りを行う。現場点検員が点検を行う際には、現場に貼り付けてある電子タグに PDA を近づけてデータの読み書きを行ったり、電子タグを自分で貼り付けたりする。デジタルビデオカメラは、現場の点検対象部材の状態を画像として記録するために使用され、画像やビデオファイルは PDA またはモバイルコンピュータに保存される。携帯電話は、中央管理事務所の VoiceServer に接続し、予め VoiceXML によって記述された熟練技術者によるアドバイスやノウハウなどの情報を聞き出したり、新しい知識の発見や気づきを登録する際に用いられる。

本システムで開発あるいは利用した電子タグ、音声入出力、VoiceXML を用いたナレッジマネジメント、無線 LAN を用いたネットワーク環境の各項目について以下説明する。

3. 電子タグシステム

(1) 電子タグ

データ等の情報を電子的に記憶させたボタン状のものや小型のカード等は、電子式データキャリアと呼ばれ、データの読取・書込み時に装置と機械的に接触して行うか、非接触的に行うかで、それぞれ「接触型」と「非接触型」に分類される。

接触型の代表は IC カード (スマートカード) である。接触型の IC カードは、耐久性が高くない点とコンクリート等の中に埋め込むことができないことから、土木構造物の施工や維持管理には不向きだと考えられる。非接触型の電子式データキャリアは、一般に電子タグあるいは RFID システムと呼ばれ、リーダライタと電子タグとの間のデータ交換は電磁界を用いて行われる。電子タグは、データ容量が通常 240 Byte 程度と小さいが、耐久性が高く、コンクリートの中に埋め込むことが可能であることから、土木分野に向いていると考えられる。

電子タグシステムは、電子タグとリーダライタで構成されている。電子タグを点検個所に接着剤で貼り付け、リーダライタとモバイルコンピュータを用いてデータの読み書きを行う。図-2 に電子タグシステムの外観を示す。携行する携帯コンピュータとしては、本研究の現場点検支援情報システムでは、PDA をベースとしたものを提案している。以前から使用していたリーダライタは大型で重量も大きいため、本研究では、図-3 に示すように、リーダライタ機能を持った小型装置を PDA (OS は PocketPC 2002) のコンパクトフラッシュ (CF) スロット (TYPE II) に直接挿入したものを使用することとした。尚、本 CF カードと電子タグとの間の交信周波数は 125 kHz であり、伝送速度は 9600 bps である。

(2) 電子タグの活用

電子タグの点検業務への活用については、ID 機能、トリガー機能、及び簡易データ保管機能等が考えられる。

- ID 機能は、電子タグに記憶されている ID 番号と読取機器内のインデックス機能により、電子タグが設置されている場所や関連付けられている部材や設備等を判別するのに使用される。これにより、GIS（地理情報システム）や 3 次元 CAD システム等と組合わせて、作業ルート等の巡視ナビゲーションやデジタルカメラによる現場写真の管理業務効率化等が図れると考えられる。
- トリガー機能は、電子タグの ID 番号や格納データを読み取ると同時に、計算、図化、音声注意喚起、作業手順プログラム等を起動させるのに使用される。
- 簡易データ保管機能は、前回の計測データや管理基準値等のデータや点検上のアドバイスなどの簡単なナレッジを記憶させるのに使用される。

本研究で開発した PDA による電子タグシステムをダムの点検作業に適用させたスクリーンイメージを図-4 に示す。図-4 (a) はダムの揚圧力のデータを示しており、PDA を電子タグに近づけて、「①タグ読込」をスタイラスペンでタップすると前回の揚圧力値が読込まれる。次に、現在の水圧計のデータを入力し、「②揚圧計算」をタップすると現在の揚圧力が計算され、設計値と比較して判定される。最後に、PDA を電子タグに再度近づけて「③タグ書込」をタップすれば、その日のデータがタグに記録される。図-4 (b) は、バ

ルプの操作上の注意をアドバイスするものである。図-4 (c) は、コンクリートクラックの幅の推移が写真と共に記録されたものを表示している。

(3) データ保管方式

電子タグシステムをオンサイト点検支援システムに活用する際、どのデータをどこに記憶させるか、

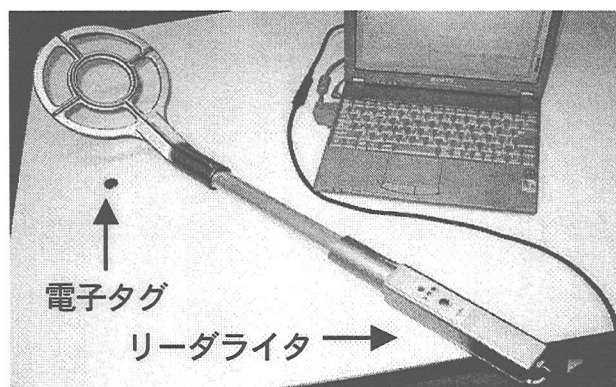


図-2 電子タグ及びリーダライタ

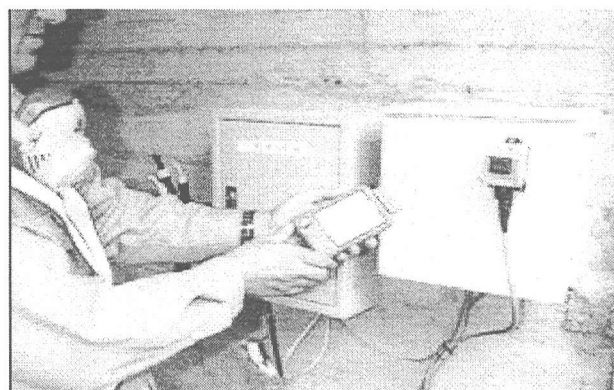


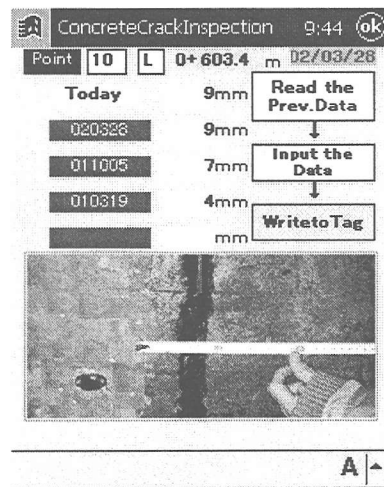
図-3 リーダライタ付き PDA



(a)



(b)



(c)

図-4 PDA 電子タグシステムのスクリーンイメージ

という点について検討する必要がある。データの保持・取得方法としては、電子タグ内にはID番号のみを記憶させ、その箇所の点検・計測データ等はネットワークを介して本部のサーバに集結させる「サーバ集中方式」、現場の電子タグに計測データや各種情報を記憶させ、リーダライタにより読み取る「分散メモリ方式」、及び電子タグにはIDのみ記憶させ、データは携帯コンピュータに記憶させる「携帯コンピュータ方式」の3つに大別される。サーバ集中方式は、データの一元管理が可能となるが、非常時等にネットワークや通信が途絶えた場合、データにアクセスできなくなるのが欠点である。分散メモリ方式は、非常時でもデータにアクセスできるが、データ容量が小さく、現地へ行かないとデータにアクセスできないのが欠点である。携帯コンピュータ方式は、前記2方式の欠点を補うものであるが、複数の携帯コンピュータがある場合、データの一元管理ができず、逆に1台だけであれば安全性に問題がある。そこで、本研究では、以上3つの方式を組合せた「ハイブリッド方式」を採用することとした。

ハイブリッド方式では、電子タグ内にID、前回計測データ、簡単なアドバイス等を格納し、携帯コンピュータにはトリガー機能により動作するプログラムや点検の際に参照する図面や仕様書、これまでの計測データやグラフ等を入れ、本部のサーバにおいて、全てのデータを一元管理するものである。この方式は、前記3つの方式の利点を兼ね備えており、安全性も確保される。但し、電子タグ内のデータと本部サーバのデータを一致させるためには、携帯コンピュータとネットワークによるデータ同期等の作業が必要である。

(4) ワイヤレスネットワーク

電話回線、携帯電話、PHS等の普及に伴い、都市部のみならず山間地でもインターネットにアクセスが可能となり、さらに無線LANや構内PHS網により、建設現場や既設構造物の至る所でネットワークにアクセスできるようになってきた。こうしたワイヤレスネットワークを利用することにより、現場点検支援情報システムにおいては、電波の範囲内であれば移動中でも構造物点検中でもどこからでもLANやインターネットを利用することができ、配線に伴う煩わしさやトラブルから開放される。本研究では、構内PHS網、無線LAN、PHS・携帯電話公衆網の3つのデータ通信につ

いて、それぞれ検証を行った。

無線LANの通信速度は通常10Mbpsであるが、PHSは32・64kbpsと遅く、携帯電話はさらに9600bpsと遅い。しかし、無線LANは設置にコストがかかるという短所がある。従って、各現場の条件に合った方式を選択する必要がある。

4. 音声入出力システム

点検現場においては、コンピュータへのキーボード入力は困難なことが多い。PDAには手書き入力機能もあるが、時間がかかる。そこで、現場での作業効率の向上を目的として、電子タグの情報の入出力に音声入出力システムを採用した。現場点検員は、マイク付きヘッドホンを装備する。システム開発には、音声合成ソフトウェアであるドキュメントトーカ 3.5⁹⁾及びVisual Basic 6.0を使用した。ドキュメントトーカ 3.5の音声認識は、不特定話者の単語認識・連続単語認識という方式で、従来のように予め認識したい単語を人間の声で学習させておく必要がなく、文字列を与えるだけで認識したい単語を設定できる。そのため、音声入力する点検員を特定することなく、誰でも音声入力作業を行うことができる。

まず、現場点検員は、対象とする部材を選択し目視などにより点検を行う。その結果を音声により音声入力フォームに入力する。音声入力フォームは、Visual Basic 6.0で開発した。図-5にダム監査廊の自動測定器No.1用の音声入力フォームを示す。入力された点検データは、電子タグ、モバイルコンピュータ及び管理事務所のサーバに保存される。モバイルコンピュータとサーバには、Microsoft Accessを用いて開発した電子タグデータベースがある。図-5で入力されたデータは、図-6に示すように保存される。

5. VoiceXML及びナレッジマネジメント

(1) ナレッジマネジメント

ナレッジマネジメント(以下、KM)⁷⁾とは、個人の所有している有効な暗黙知を集合させ、形式知に変換し、組織的に知識を有効活用するプロセスのことである。KMを現場での点検作業に適用させることにより、全現場点検員が、熟練点検技術者の持っている点検作業の知識、ノウハウを有効的に活用することが可能となる。その具体的手法は、次の①から④の手順で

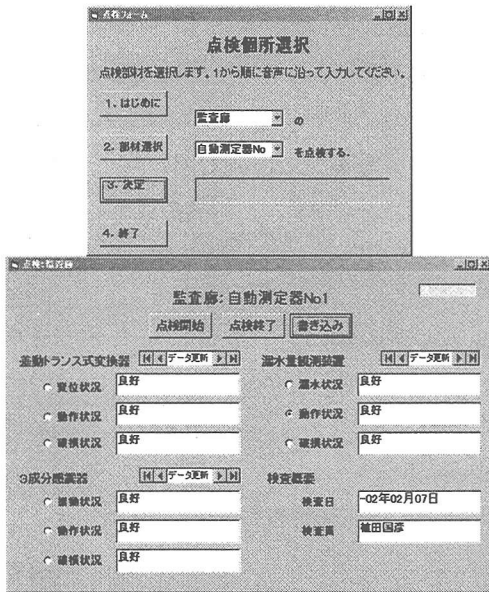


図-5 点検結果音声入出力フォーム

項目名	データ	最小値	最大値	桁	少数点	単位	字
1	CnID	15	0	6	0	H	1
2	上位ノード	3001	0	4	4		1
3	自ノード	4002	0	4	4		1
4	自アイテム	差動トランス式変換器	0	25	*		1
5	ICON	ru_zuri_f.ico	0	12	12		1
6	点検者		0	9999	4		0
7	Cn更新日時		0	16	16	日時	1
8	DB更新日時		0	16	16	日時	1
9	名称	差動トランス式変換器	0	25	25	名	1
10	実位状況	良好	0	10	*	状況	1
11	動作状況	良好	0	10	*	状況	1
12	破損状況	良好	0	10	*	状況	1
13							
14							
15							
16	メーカー名	YB工業	0	10	*	名	1
17	型式	yb11-x2	0	10	10		1
18	設置年月日	1999/05/08	0	10	10		1
19	連絡先	0123-45-XXXX	0	15	15		1
20	法定耐用年数	10	0	99	2	年	0
21	位置情報X	4406	0	7	7		1
22	位置情報Y	52385	0	7	7		1
23	位置情報Z	-182080	0	7	7		1
24	会社コード	894	0	3	3		1
25	工場コード	375	0	3	3		1
26							
27							
28							
29							
30							

図-6 電子タグデータベース

行われる。

- ① 熟練点検技術者の現場点検作業の情報・体験（暗黙知）を収集し、ストックする。
- ② 集めた情報・体験を，知識・ノウハウに加工・昇華する。
- ③ 知識をデータベースなどの形式知として表現し，全現場点検員が共有する。
- ④ 点検作業に共有した知識を実践・活用する。

さらに，共有した知識を点検作業に実践し，新しい情報・体験を得た場合は，①から④の手順が繰り返され新しい知識の獲得が行われる。KM を有効に活用することによって，組織の中に既に存在する情報を，分類・体系化して誰もが容易に検索利用する環境を構築することができる。

(2) VoiceXML

VoiceXML は XML を応用し，従来のインターネット上のコンテンツで扱われている文字や画像などの代わりに音声を共有のデータ形式として表現できる言語である⁸⁾。VoiceXML を利用することによって VoiceServer を通じて，コンピュータとの対話が実現される。VoiceServer とは音声に自動的に応答し，ユーザと対話するソフトウェアである。VoiceServer への入力ユーザによる発話の音声認識かプッシュホンによって与えられ，出力は予め録音されたファイルの再生，ライブオーディオソースからの再生，音声合成によるテキスト読み上げ，のいずれかによって行われる。

VoiceXML を用いることにより，必要としている情報を画面やキーボード操作を行わず音声だけで検索することが可能である。従って，手や目はフリーな状態のため「～しながら」でも情報を簡単に入手することが可能である。

(3) Voice ナレッジマネジメントシステム

本研究では，点検作業に KM を効果的・効率的に導入することを目的として，VoiceXML を用いたボイスナレッジマネジメント (Voice KM) システムを開発することとした。Voice KM の開発にあたっては，NTT の VoiceXML 用開発ソフトウェアである「V ポータル」¹⁰⁾ と，前述の音声入力システムを用いた。Voice KM の構成を図-7 (A) に示す。まず，熟練点検技術者は，音声入力フォームにより，その現場で気づいたアドバイスやノウハウなどの点検サポート情報を，音声入出力システムのマイク付きヘッドホンを用いて Knowledge Base に入力する。次に，ナレッジエンジニアは蓄積された知識を VoiceXML 形式で V ポータルの中に保存する。このように知識がある程度蓄積されると，現場で点検員が作業中に疑問を感じたとき，携帯電話で V ポータルにアクセスし音声により，自分の疑問を伝える。V ポータルは点検員の音声による指示に従い，以前に記録されたアドバイス等の点検サポート情報を提供する。熟練点検技術者がアドバイスを入力する際，対象とする部材や設備につけた電子タグの ID 番号もナレッジの中に入力する。そうすることで，

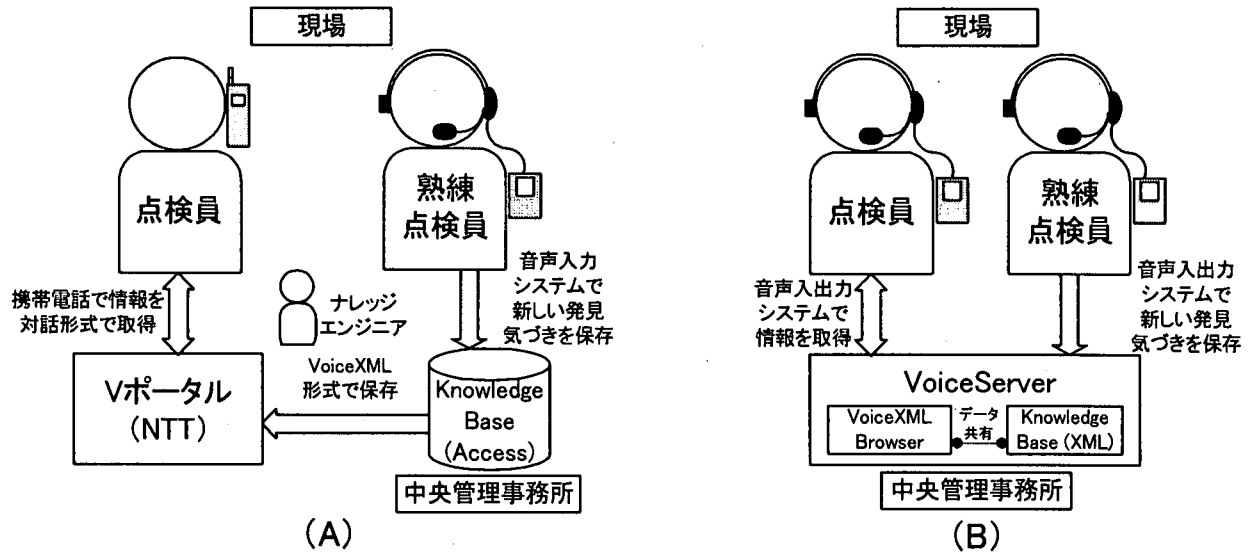


図-7 ボイスナレッジマネジメント

後日、別の点検員が疑問に思ったとき、電子タグのID番号を音声で伝えることにより、より早く必要なアドバイスに到達可能となる。

本システムを繰り返し使うことにより、ナレッジが蓄積されていき有効な支援システムになると考えられるが、ナレッジエンジニアによる VoiceXML 形式にナレッジを変換する作業が入り、煩わしいのが欠点である。熟練点検技術者がアドバイスを音声入出力システムを用いて、直接 VoiceServer の中に VoiceXML 形式で記述し、保存できるようにすることが望ましい。

そこで、我々は独自に Visual Basic6.0, MSXML3.0¹⁾, IBM ViaVoice SDK Ver.8¹⁾²⁾, ドキュメントトーカー 3.5 を使い、VoiceXML Browser の開発を行っている。VoiceXML Browser とは、VoiceXML の記述に基づき音声認識や音声合成出力を行うほか、VoiceServer 内の XML 形式の知識ベースとデータを共有する機能を有する。図-7 (B) に VoiceXML Browser を用いた Voice KM のシステムモデルを示す。

点検作業に KM を導入することによって、一部の熟練技術者が頭の中に所有していた知識やノウハウなどの暗黙知を、知識ベースと VoiceXML によって形式知に変換することが可能となる。VoiceXML のコードのダム点検への適用事例を図-8 に示す。このコードでは、まず、ユーザは点検箇所を監査廊、堤体、洪水吐の中から選択し応答する。例えば、監査廊を選択すると、電子タグの ID を入力するよう求められる。もし、電子タグ ID が 003 であれば、図-8 の下部に示されているように「コンクリートが剥離している箇所があ

```

<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS"?>
<vxml version="1.0">
<form id="test">
<block>点検に関する質問にお答えいたします。</block>
<field name="inspection">
<grammar src="Inspection.grm"/>
<prompt> 点検箇所を監査廊, 堤体, 洪水吐から選択して下さい。 </prompt>
<filled namelist="inspection">
<if cond=" inspection_point=="kansarou">
<goto next="#kansarou">
</if>
:
<form id="kansarou">
<field name="kansarou">
<grammar src="Kansarou.grm"/>
<prompt>電子タグ ID を選択して下さい。 </prompt>
<filled namelist="kansarou">
<if cond="kansarou=="003">
<prompt>
コンクリートが剥離している箇所があります。注意して点検
を行って下さい。また、雨天時に濁水や異物の流出がある場
合があるので、必ず確認して下さい。
</prompt>
:

```

図-8 VoiceXML のコード例

ります。・・・(中略)・・・必ず確認して下さい。」というアドバイスが音声で提供される。

6. おわりに

本研究では、土木構造物の現場における点検業務の効率性、信頼性、継続性等の向上を図るため、まず現場点検支援情報システムに要求される性能や機能を検討し、システムの基本モデルを構築した。さらに、このモデルに基づいて、電子タグ、音声入出力、PDA、ワイヤレスネットワーク、VoiceXML によるナレッジマネジメント等の情報技術を利用した現場点検支援情報システムのプロトタイプを開発し、ダムの点検作業への適用事例を示した。

本システムでは、ID 機能、トリガー機能及び簡易データ保管機能を持つ電子タグと小型かつ軽量の PDA を組合せることにより、位置やデータ確認、計算・図化、データベースへの投入等の基本的な現場点検業務に加え、計測機器使用手順を提供するといったアドバイザリ機能、巡視ナビゲーション機能等を持たせた。また、電子タグ、PDA、管理事務所のサーバにそれぞれ適切なデータを保管するハイブリッド方式を採用した。携行するコンピュータの操作には、現場で手が自由に使えるよう、音声入出力をユーザインターフェースとして採用した。さらに、ワイヤレスネットワーク、インターネットにより、点検データのサーバへの集中管理や点検協力機関からの技術支援を現場で得られるようなフレームワークを構築した。また、VoiceXML を用いて音声による KM システムモデルを開発し、簡単なプロトタイプシステムである Voice KM システムを構築した。Voice KM システムは、熟練点検技術者の知識を蓄積していくことにより有効性の高いシステムになると考えられる。

以上のことから、現場点検支援情報システムを利用することにより、現場点検業務の作業効率が向上し、非常時においても適切な対処や判断がしやすくなると考えられる。また、今後熟練点検技術者が減少していくことが予想されるが、彼らの知識を後進のために残していくことが可能になると考えられる。

今後は、システムの機能面の向上を図りながら、土木構造物のデータ、知識の蓄積を行い、本格的にダムや他の土木構造物の点検業務に適用させていきたいと考えている。

謝辞：本研究を遂行するにあたりご協力を頂いた電源開発株式会社の牧野禎紀氏、株式会社開発計算センターの及川運将氏、藤井孝秀氏、株式会社フジタの富田紀久夫氏、上松正史氏、徳永伸一郎氏、及びオリエンタル建設株式会社の齊藤大輔氏（元室蘭工業大学大学院）に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Garrett, G. H. Jr. and Smailasic, A : Wearable Computers for Field Inspectors - Delivering Data and Knowledge - Based Support in the Field, Artificial Intelligence in Structural Engineering, Springer, Smith, I. ed., pp.146-174, 1998.
- 2) Ditlea, S. : The PC Goes Ready-to-Wear, IEEE Spectrum, Oct. 2000.
- 3) 水野裕介, 阿部雅人, 藤野陽三, 阿部允 : 情報技術 (IT) 援用による橋梁目視点検支援システムの構築, 土木情報システム論文集, Vol.9, pp.11-18, 2000.
- 4) AIM : <http://www.aimglobal.org/technologies/rfid/>
- 5) 矢吹信喜, 齊藤大輔, 島崎忍, 齊藤和夫, 安藤輝夫 : 電子タグおよび音声入出力による土木構造物点検情報管理システムの構築, 土木学会北海道支部論文報告集, No.57, pp.994-997, 2001.
- 6) 矢吹信喜, 齊藤大輔 : 3次元プロダクトモデルと電子タグによる水圧鉄管の点検情報システム, 土木情報システム論文集, Vol.10, pp.113-120, 2001.
- 7) 田中芳行 : ナレッジ・マネジメントと IT 技術, 土木学会誌, Vol.86-3, pp.50-53, 2001.
- 8) 山口英子, 遠藤聡子, 杉原倫子 : VoiceXML による音声ポータル入門, XMLPRESS, Vol.4, pp.4-34, 2001.
- 9) 富士通中央システムズ : ドキュメントトーカー version 3.5, 2000.
- 10) V ポータル : <http://studio.v-portal.ocn.ne.jp/>
- 11) MSXML3.0 : <http://www.microsoft.com/japan/msdn/xml/msxml/xmlparser.asp>
- 12) IBM ViaVoice SDK Ver.8 : http://www-3.ibm.com/software/speech/dev/sdk_windows.html