

電子タグ等を用いた土木構造物の点検支援情報システム

An Inspection Support Information Management System for Civil Engineering Structures
Using a Micro Memory System

室蘭工業大学工学部建設システム工学科
室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻
室蘭工業大学工学部建設システム工学科
電源開発株式会社エンジニアリングセンター
株式会社フジタ マルチメディアネットワーク事業室

正会員 矢吹信喜 (Nobuyoshi Yabuki)
○学生員 齊藤大輔 (Daisuke Saito)
学生員 植田国彦 (Kunihiko Ueta)
正会員 嶋田善多 (Yoshikazu Shimada)
正会員 富田紀久夫 (Kikuo Tomita)

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ける点検・検査は重要である。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・検査業務の安定性・効率性・信頼性の向上を図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) や移動通信端末を導入し検査員を支援する研究¹⁾が行われている。一方、我々は電子タグを現地に設置して、各種情報を現地で読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^{2) 3)}を実施している。しかし、携帯するシステムがやや大きいことが問題となっている。

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り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・マネジメントの適用が望まれる。

そこで我々は、土木構造物を対象に電子タグ、音声入出力、PDA (Personal Digital Assistants)、無線 LAN などの情報技術 (IT) および VoiceXML⁴⁾を用いたナレッジ・マネジメントを活用した点検支援情報システムを開発する研究を行うこととした。本論文では、この点検支援情報システムの概要とプロトタイプシステムについて記す。

2. 点検支援情報システムの概要

本研究で提案する点検支援情報システムを図-1に示す。現場検査員は、音声入出力装置がついた(1)ウェア

ラブルコンピュータまたは(2)モバイルコンピュータおよび PDA を携帯する。(1)のウェアラブルコンピュータは、現在入手にくい状況であることから本研究では1つのオプションとし、将来、ウェアラブルコンピュータが市場に出回るようになればモバイルコンピュータと PDA の役割を担えるものと考えられる。(2)の場合は、モバイルコンピュータを平坦な場所での作業に用い、PDA はモバイルコンピュータの携行が困難な場所や環境の場合に作業員がこれを携行する。この場合モバイルコンピュータは、平坦で安全な場所に置いておき、後で PDA と同期することでデータ共有を行う。

本研究では、モバイルコンピュータと PDA を用いて、これらの機器に PC カードを装着させ無線 LAN によって、現場管理事務所にアクセスすることを可能とした。また、現場によっては、PHS LAN を利用してローカルサーバにアクセスすることが可能である。そのため、作業現場からは、無線 LAN および PHS LAN によって現場事務所にアクセスされ、現場事務所からインターネットを通じて中央管理事務所・研究機関・点検協力会社にアクセスすることができ、作業時の技術支援などを受けることができる。現場検査員が点検を行う際には、電子タグと呼ばれる安価な小型メモリと、電子タグとデータを送受信するための機器であるリーダーライター、デジタルビデオカメラを用いて点検を行い、点検終了後に電子タグに検査データを保存する。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る。

現場検査員が携帯する携帯電話は、中央管理事務所等の VoiceServer に接続することによって、VoiceXML を用いて知識ベースから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すことができる。

3. プロトタイプシステムの構築

本研究では、提案するシステムモデルの実行可能性を確認する目的でプロトタイプシステムを構築した。以下、本システムの各コンポーネントについて記述する。

3. 1 電子タグシステム

電子タグシステムは、図-2に示す電子タグとリーダーライターで構成されている。また、図-3に示す PDA とリーダーライターが一体化になった機器も開発した。

電子タグは、電氣的にデータの書き換えを行うことが

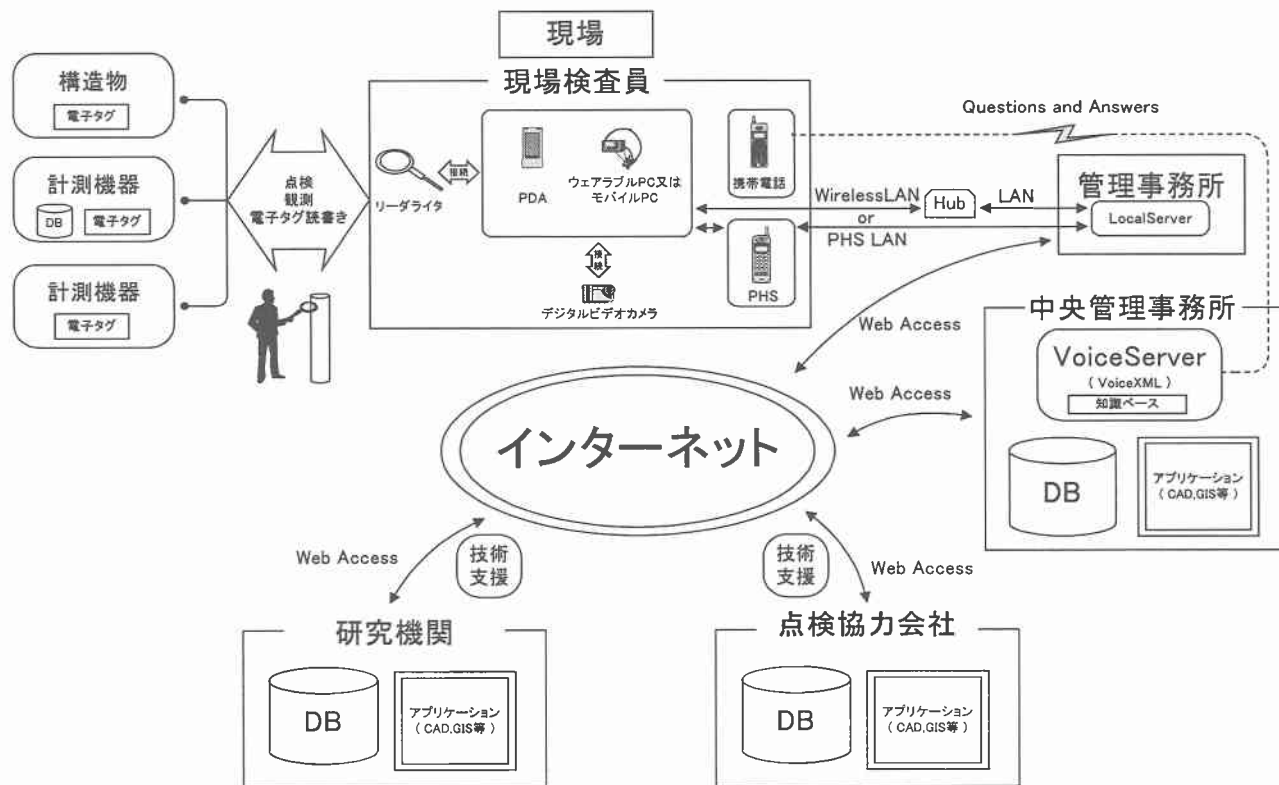


図-1 点検情報支援システムモデル

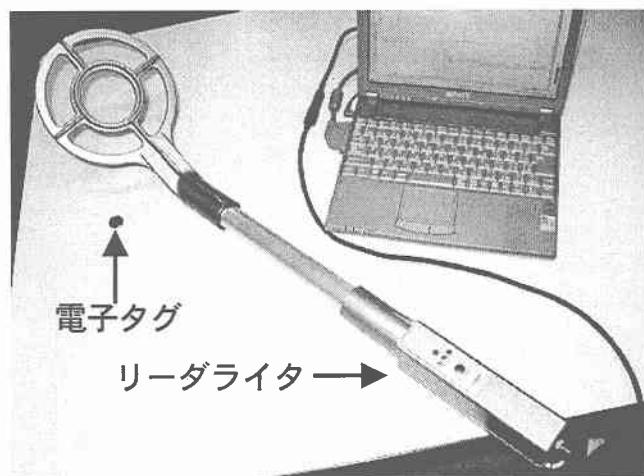


図-2 電子タグ及びリーダライタ

できるため、点検管理・履歴などデータを現場保存することにより、日常管理および緊急時対応などの即応性が向上する。また、業務手順データを現場保存し、現場業務の標準化並びに安全管理向上が可能になる。そのため点検データと現場との照合をより確実なものとし、データ管理の信頼性が高まると考えられる。さらに、インターネットによるデータベースとの連携により、現場でのデータ入力・出力が容易となり、即応性の高いオンサイトでの技術診断支援が可能になる。これにより、点検管理作業の大幅な省力化が図れるものと考えられる。

電子タグシステムのもう1つの要素であるリーダライタは、コンピュータまたは PDA に接続され、現地で検査した結果を音声あるいはキーボードあるいはスタイラスペンからコンピュータまたは PDA に入力し電子タグにデータを送信するための機器である。また、リーダライタは、電子タグに保存されている過去の点検データを引き出す際にも使われる。

次に、実際の点検作業を想定してシステムの適用例を説明する。まず、現場での検査は、検査員が検査箇所を選択し目視点検を行い、各部材における検査結果を図-4に示す Visual Basic を用いて開発した音声入力システムを用いてモバイルコンピュータまたは PDA に入力する。入力された検査データは、図-5に示す Access を用いた電子タグシステムに転送する。電子タグシステムにデータを転送する際、Visual Basic のデータを Access のデータに変換した上データ運用を行う。その後、電子タグを部材に貼り付けリーダライタを用いて検査データを電子タグに入力して保存する。電子タグは、主に接着剤などにより検査箇所を設置するが、困難な場合には基準点を設けて検査時において分かりやすい場所に設置す

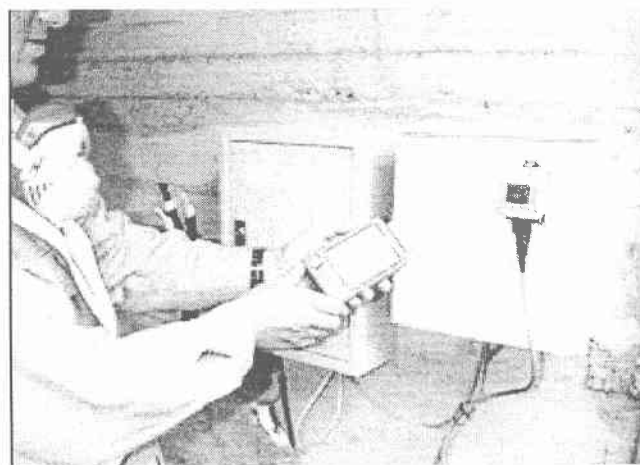


図-3 リーダライタ付き PDA

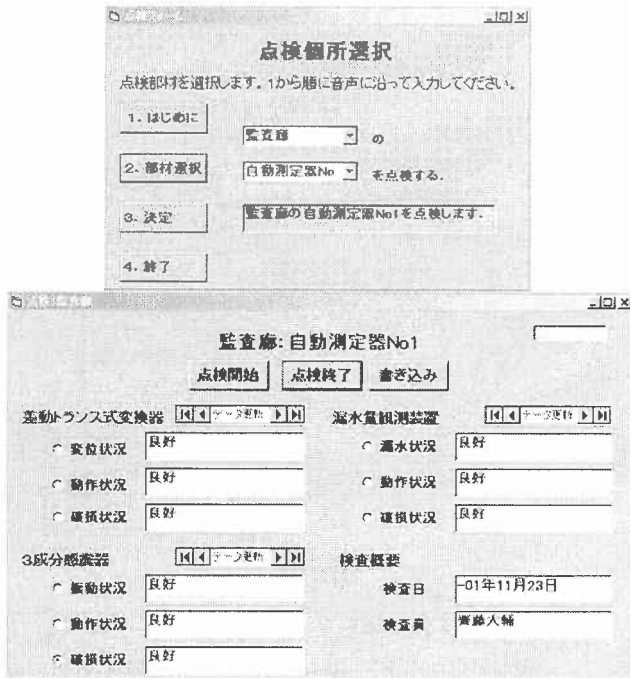


図-4 検査結果音声入力画面

項目名	データ	最小値	最大値	単位	備考
1	CaID	15	0	6	0
2	上位ノード	3001	0	4	4
3	自アイテム	4002	0	4	0
4	自動トランス式変換器	ru_xur1.f.ico	0	25	0
5	漏水観測装置	0004	0	12	12
6	点検者	0005	0	8555	4
7	Ca更新日時	0	16	16	0
8	06更新日時	-01/12/05	0	16	16
9	名称	差動トランス式変換器	0	25	25
10	実位状況	良好	0	10	0
11	動作状況	良好	0	10	0
12	破損状況	良好	0	10	0
13					
14					
15	メーカー名	Y8工業	0	10	0
16	型式	y611-x2	0	10	10
17	設置年月日	1999/05/06	0	10	10
18	連絡先	0123-45-XXXX	0	15	15
19	法定耐用年数	10	0	99	2
20	位置情報X	4406	0	7	7
21	位置情報Y	52985	0	7	7
22	位置情報Z	-182090	0	7	7
23	会社コード	894	0	3	3
24	工場コード	375	0	3	3
25					
26					
27					

図-5 電子タグシステム

る。この作業を各部材あるいは検査箇所ごとに繰り返す、最後に管理事務所にデータを送信する。

3. 2 無線 LAN を利用したネットワーク環境

本研究では、構造物の情報を共有し現場検査員がどこにいても構造物の資料やインターネットにアクセスして、欲しい情報を引き出すことを目的に無線 LAN および PHS LAN を利用したネットワーク環境を構築した。

無線 LAN 導入メリットを以下にあげる。

- 電波の範囲内であれば移動中・移動先のどこからでもネットワーク環境を利用することができる。
- パソコンの移設に伴うケーブルの配線工事は不要。コスト的・空間的な理由で配線できなかった場所でもネットワークを可能にする。
- クライアントの増減に対して特別なシステムを必要とせず、拡張性に優れている。
- ケーブルの接触不良など、物理的な原因によるネットワークトラブルから開放される。

無線 LAN を利用したネットワーク環境を図-6に示

す。本研究で用いたネットワーク環境は、サーバと HUB・アクセスポイント間には有線 LAN で接続されている。PC と PDA には、PC カード状の無線 LAN カードを装着させることにより、アクセスポイントとの通信によってネットワークに接続することができる。また、アクセスポイントと称される無線 LAN 機器を導入することで、無線 LAN を有線 LAN に接続することが可能となる。アクセスポイントには、有線 LAN との接続口が用意されており、受信した電波信号を通常の有線 LAN 信号に変換して LAN 上に流す。また、有線 LAN からの信号は、アクセスポイントが無線 LAN 用の電波信号に変換して無線 LAN 機器に発信する。さらに、アクセスポイントには、有線 LAN と無線 LAN の中継器としての役割のほか、複数の無線 LAN 機器の基地局としての役割もある。

3. 3 VoiceXML 及びナレッジマネジメント

ナレッジマネジメント（以下 KM）は、個人の知識や企業の知識資産を組織的に集結・共有することで効率を高めたり、価値を生み出すために仕組み作りや技術の活用を行うことと定義されている⁵⁾。KM では、データや情報など有形な形式知と各個人が所有している知識やノウハウなど無形な暗黙知を止揚させ、全体としての価値を高める知識創造を行う。KM を実践することにより、実際の維持管理の現場において重要な「経験・体験によって得た知恵」「観察」「発想」「考え」「気づき」などの主観的情報を知識ベースに保存し、それらの情報を必要に応じて知識ベースから引き出すことができる。

本研究では、図-7に示すように KM を利用するインタフェースに VoiceXML を用いることとした。ここでは、熟練技術者のアドバイスやノウハウなどの情報を現場で携帯電話を用いて中央管理事務所の VoiceServer の知識ベースから取得する。また、現場において新しい発見や気づきがあったときは携帯電話を用い知識ベースに保存する。これにより、一部の熟練技術者の頭の中に所有していた知識やノウハウなどの暗黙知を、VoiceXML によって形式知に変換することによって、若年技術者などが利用できるようになり、作業の効率性・信頼性の向上につながると考えられる。蓄積された知識は、知識ベース内で更新され、現場検査員に新たな情報として提供される。

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替わりに音声を共有のデータ形式で表現できる言語である。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。この VoiceServer 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 への入力はユーザによる発話の音声認識がプッシュホンでのダイヤルによって与えられ、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・音声合成による読み上げのいずれかによって行われる。VoiceXML を用いるメリットは、言葉を話している間、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。また、コンピュータとの対話により、

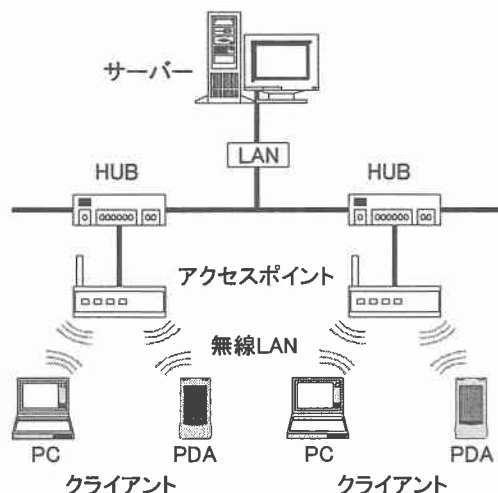


図-6 無線 LAN を利用したネットワーク環境

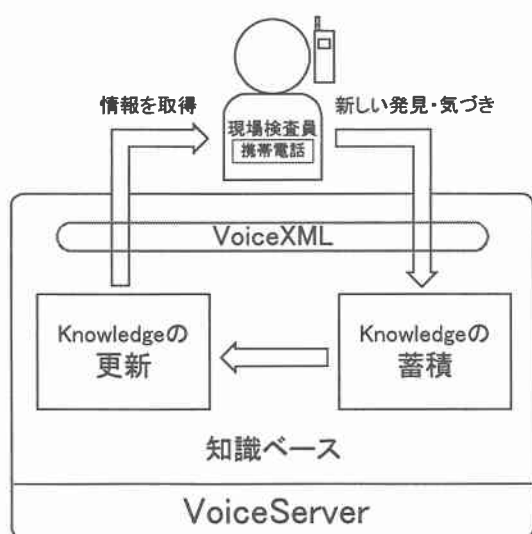


図-7 ナレッジマネジメントの流れ

必要としている情報を画面操作やキーボードに頼らずに、音声だけで検索が可能であることなどがあげられる。

また、検査員が、作業途中に疑問が生じた場合、携帯電話を用いて VoiceServer にアクセスし VoiceXML によって知識ベースから知識を引き出しアドバイスなどを受けることができる。VoiceXML のコードの例を図-8 に示す。アドバイスを受ける場所を明確にするために、電子タグの ID 番号を利用する。また、検査員が新たに発見をした場合は、同じ方法で知識ベースに知識を入力する。新たに蓄積された知識は、VoiceXML を用いて次に検査する作業員が必要とした場合に引き出される。

4. おわりに

本研究では、現場検査業務支援を目的として、電子タグ、音声入出力、PDA、無線 LAN などの情報技術を用い、また個人の所有する知識を効率的に運用するナレッジマネジメントを目的として VoiceXML を利用した点検支援情報システムモデルを構築した。

点検支援情報システムのプロトタイプを構築するために、Visual Basic を用いた点検結果音声入力システム、Access を用いた電子タグシステム、VoiceXML プログラ

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS"?>
<!DOCTYPE vxml PUBLIC "-//Nuance/DTD VoiceXML
1.0b//EN" http://voicedml.nuance.com/dtd/nuancevoicexm
l-1-2.dtd>
<vxml version="1.0">
  <form id="reply">
    <block>点検に関する疑問をお答えします。</block>
    <field name="select">
      <prompt>点検箇所を選択してください。</prompt>
      <grammar src="REPLY.grammar#Reply"/>
      <catch event="help">
        電子タグの ID 番号を教えてください。</catch>
    </field>
    <filled namelist="reply">
      <if cond="reply=='one'">
        <prompt>No.1 ですね。</prompt>
        <goto next="#buzai"/>
      </if>
    </filled>
  </form>
</vxml>
```

図-8 VoiceXML コード

ムの開発を行った。さらに、土木構造物を想定した点検作業に本モデルを適用してプロトタイプシステムを開発し、その適用例を示した。

これにより、現場検査業務におけるシームレスな対応が可能になり、作業効率の向上につながるものと考えられる。また、ナレッジマネジメントを利用して知識の共有を図ることによって、作業時における信頼性、省力化の向上を図ることができると考えられる。今後は、更なるシステムの充実を図り、本システムを様々な土木構造物に適用し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、東京大学大学院橋梁研究室の水野裕介氏から貴重な助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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検査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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) XML PRESS, 技術評論社, Vol.4, 2001.
- 5) 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, pp.50-53, 2001.3.