

橋梁点検の技術者のための 「道具」デザインに向けたフィールド観察

市野 順子^{1,a)} 橋山 智訓² 二宮 利江³ 市川 暢之⁴ 竹谷 昇二⁵

受付日 2013年10月18日, 採録日 2014年5月17日

概要: 本研究は、橋梁点検の技術者というユーザーグループの支援を目的とした「道具」の開発を目指している。本論文では、点検技術者が普段利用している「道具」とのインタラクションを見極めることがより良い「道具」のデザインにつながると考え、橋梁現場の点検業務というコンテキストにおいて、点検技術者を直接的に観察した。そして、点検業務の最中に観察された技術者の種々の行動の発生頻度、行動の変遷、行動に遅延を生じさせる要因等を分析した。その結果、点検技術者はきわめて高負荷なマルチタスクを遂行しており、携行している道具の数の多さや、グローブによる操作が行動の遅延や困難を招いていること、技術者の行動には特定のパターンが存在すること、等が明らかになった。それらをふまえ、点検技術者を支援する新しい「道具」をつくるためのデザイン指針を検討し、解決案を提案した。

キーワード: 橋梁点検, フィールド観察, 行動分析, インタラクションデザイン

A Field Study Towards Designing Tools for Bridge Inspection Engineer

JUNKO ICHINO^{1,a)} TOMONORI HASHIYAMA² TOSHIE NINOMIYA³ NOBUYUKI ICHIKAWA⁴
SHOJI TAKEYA⁵

Received: October 18, 2013, Accepted: May 17, 2014

Abstract: Our goal is to develop a tool to support bridge inspection engineers. In this paper, we report a field study that observes the engineers directly since we expect that assessing the interaction between engineer and current tools which they usually use lead to the design of a more effective tool. We analyzed the video recordings of engineers' behavior and examined the frequency of behavior occurring, transitions of behavioral patterns, factors that prevent smooth action and so on. Results show that engineers perform highly-loaded multi tasks. We also observed that the current set up allows engineers to cause unnecessary delays or difficulties because of many carrying tools or operation with gloved fingers, and that they have regular behavioral pattern. Furthermore, based on our findings, we provide implications for the design of systems to support bridge inspection engineers.

Keywords: bridge inspection, field observation, user behavior analysis, interaction design

¹ 香川大学
Kagawa University, Takamatsu, Kagawa 761-0396, Japan
² 電気通信大学
The University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo
182-8585, Japan
³ 東京大学
The University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113-0033, Japan
⁴ 東日本高速道路株式会社
East Nippon Expressway Co., Ltd., Chiyoda, Tokyo 100-
8979, Japan
⁵ 株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング
Nexco-East Engineering Co., Ltd., Arakawa, Tokyo 116-
0014, Japan
a) ichino@eng.kanagawa-u.ac.jp

1. はじめに

橋梁は、市民の生活や社会経済活動の基盤となる重要な交通インフラである。日本には橋長 2m 以上の橋梁が 2012 年時点で約 70 万橋存在する [1]。その橋梁の耐用年数は、一般的に約 50 年といわれている。日本では高度経済成長期に大量の橋梁が建設され、現在それらの老朽化が進んでいる。2012 年時点で、建設から 50 年以上経過した橋長 2m 以上の橋梁は全体の 16% を占め、10 年後には 40%、20 年後には 65% にまで達する [1]。

ところが、国内の橋梁を保全する観点から見ると、(1)点検、診断、補修補強の信頼性が十分に確保されていない、(2)高度な専門知識を必要とする変状*1の事例に対応する体制（技術拠点や人材）が整備されていない、(3)市区町村では約9割の自治体が定期的な橋梁点検を実施していない等、現在多くの課題を抱えている [2]。これらの課題に的確に対応しなければ、国内の橋梁の安全性を確保できる期間が短くなるとともに架け替え等に多額の費用が発生することになる。また、重大な変状が生じ崩壊事故となれば、人命や財産に危険がおよび、復旧にも長期間を要する等の社会的損失を招く。2012年に発生した、開通後約35年が経過して起きた笹子トンネル*2天井板落下事故は、国内の高速道路上での事故としては最多の死亡者数を出し、補修・補強の遅れが深刻な事態を招くことを示唆した。

上述の、橋梁やトンネルを含む土木構造物の保全点検業務が抱える課題を解決するためには、点検・維持管理等現場業務の効率化、人材育成や技能継承、情報共有基盤の構築等の施策が必要となる [2]。本研究では、これらのうちの現場業務の支援に焦点を合わせ、そのための新しい「道具」をつくることを目指している。単に最新技術を適用しただけの「道具」は、人を支援するどころか逆に阻害する要因にもなることが認識されつつあり、その事例も報告されている [3]。行為に相即する、つまり、「人の無意識の行為の流れに寄り添いながらその行為の中にはまってい [4]」道具および環境をつくる必要がある。そのためには、現場の点検技術者が現在の「道具」をどのように使用して業務を行っているのかを観察すること、観察結果を科学的・工学的な手法で分析すること、分析結果に基づいて新しい「道具」をデザインすることが重要となる。

本論文の主たる研究目的は、土木構造物の保全点検業務の中核で特に専門的技術を要する詳細点検（表1参照）を対象とし、点検技術者が点検時に利用している道具に着目し、彼らの行動を明らかにすることである。また、明らか

表1 土木構造物の保全点検の種類と概要（文献 [24], [25] を参考に作成）

Table 1 Classification and summary of maintenance inspection on civil engineering structures.

点検種別	主な目的	主な点検手法	点検頻度
初期点検	構造物の完成後の初期状態の把握	近接目視、打音	供用開始前、構造変更時
日常安全点検	構造物の安全性の確認	車上目視	交通量に応じて4~7日/2週
基本点検	構造物の安全性の把握、管内全般の現状把握	遠望目視、近接目視	1回以上/1年
定期点検	詳細点検 構造物の第三者等に対する安全性の把握、構造物の健全性の把握	近接目視、打音	1回/5~10年
特別点検	他の点検の補充、維持管理計画の策定	遠望目視、近接目視、打音	必要の都度
緊急点検	地震や異常気象時および災害・重大事故発生時等の構造物の状況の把握	防災関係要領に準ずる	必要の都度

*1 構造物の状態が当初の状態から変化した状態を指し、初期欠陥、劣化、損傷に大別される。

*2 トンネルも橋梁と同じく土木構造物（3章参照）に含まれる。

になった点検技術者の行動の特性をふまえ、橋梁の点検業務を支援する「道具」のインタラクションデザインのための指針を得ることもあわせて研究の目的とする。これらの課題を解決するための研究方法としては、まず、複数の現場（フィールド）における複数人の点検技術者を対象とし、観察者が直接観察を行う参加観察法を用いて点検技術者の行動を観察する。次に、観察時に収録したビデオ映像を定量的手法を用いて分析する。分析結果に基づき問題点を整理し、問題に対する解決の指針や具体的な解決案を示す。

本研究で得られた知見に基づき点検技術者を支援する新しい「道具」を開発することができれば、社会基盤全体に展開できる。さらに、橋梁の保全点検に関わる上述の課題は、日本にとどまらず各国が抱える共通の課題であるため、世界全体の課題解決に寄与することも期待される。

2. 関連研究

橋梁の適切な維持管理を支援するために情報通信技術（ICT）を活用した研究は、国内外で広く取り組まれている。たとえば、高性能化しつつあるセンサを用いた橋梁状態のモニタリング（たとえば [5], [6]）、自律型移動ロボットによる橋梁点検の自動化（たとえば [7], [8]）等がテーマとして取り組まれている。しかし、高度な専門技術を要する点検業務については完全に自動化・無人化されることはないと思われ、これらのような手法の確立だけでは課題は解決されない。また、橋梁点検の技術者は、現場での点検業務の後、事務所で変状レベルの判定等を行うが、この事務所で業務の支援に焦点を合わせた研究としては、点検から得られた各種データの可視化 [9] や、各種データを用いて橋梁の橋桁の状態を総合的に推定するアルゴリズム [10] 等がある。

HCI (Human Computer Interaction) 研究領域においても、屋外で移動しながら作業する橋梁点検の技術者の支援に利用できる研究テーマは存在する。たとえば、モバイルかつウェアラブルなコンピューティング（たとえば [11]）、ハンズフリー（手で機器を操作する必要がない）・アイズフリー（画面を見る必要がない）なインタラクションシステム（たとえば [12]）等の研究は、橋梁点検の技術者のためのインタフェースの研究と重なる部分が多い。研究 [13] は、橋梁・ビル・道路等の土木構造物の寿命推定や保守管理を行うために、屋外の大気環境の腐食性を可視化する拡張現実（AR）システムである。また、橋梁点検業務の技術者の支援に特化した研究もわずかだが存在する [14], [15]。これらは、スマートフォン [14] やデジタルペン [15] といった先端的な技術を単純に導入したシステム開発にとどまっておらず、本論文が行ったような、現場での作業を観察するという実践的調査手法、観察結果の客観的・定量的な分析手法に基づいていない。

業務従事者の作業理解・支援を目的として、作業中の行

動を観察・分析した研究はいくつか存在する。たとえば、身体的活動量の比較的少ない座位中心の業務を対象にしたものとしては、システム管理者 [16]、地下鉄運転手 [17]、電子機器組立作業員 [18]、移動や立位中心の業務を対象にしたものとしては、DJ [19]、消防員 [20]、調理作業員 [21]、飲食店員 [22]、店舗販売員 [23] 等特定業務に従事する人の行動をフィールドスタディやエスノグラフィーを用いて観察した研究はある。しかし、本研究が扱った橋梁点検の技術者を含む、人材不足に直面している土木技術者の現場の作業を観察し、その実態や問題点を明らかにした研究は見当たらない。熟練スキルを必要とする現場では、勘と経験という暗黙知に依存する部分が多いとされてきたが、客観的・定量的な分析手法を基にした解決策の提案が求められる。

以上より、土木技術者という重要なユーザーグループを対象として詳細に調査した研究がないため、本研究は橋梁点検業務に従事する人の実態調査を行った。

3. 土木構造物の保全点検の概要

3.1 保全点検の種別と概要

点検技術者が保全点検の対象とするものは、実際には橋梁だけにとどまらない。橋梁を主として、路面（舗装）、のり面*3、トンネル、カルバート*4等も含む土木構造物全般が対象となる [24]。

土木構造物の保全点検の種別は、目的によって、初期点検、日常点検、定期点検、臨時点検等に分類される（表 1）。また、これら各々の点検業務は、大きく、(1) 点検計画、(2) 点検の実施、(3) 点検結果の判定、(4) 点検結果の記録および報告、の 4 つのプロセスに細分化される [24]。

3.2 詳細点検の概要

本節では、表 1 に示した点検種別のうち、本研究が調査対象とする詳細点検について概説する。

詳細点検の目的は、土木構造物の健全性の把握および安全な交通の確保や第三者に対する被害を未然に防止するため、構造物個々の状況を細部にわたり定期的に把握することである [24]。

現場における詳細点検の具体的な業務内容の概要を以下に述べる。点検技術者は、すべての対象構造物について、徒歩を基本とし、足場・点検車・検査路等を利用し、過去の点検結果や補修履歴等を参照しながら、新たな変状等の発見や、変状等の進行状況、構造物全体の状況の変化等を把握するため、近接目視および打音*5により点検を行う。また、適宜簡易な点検器械・器具を用いて、変状の位

*3 切土や盛土で作られる人工的な斜面

*4 道路の下に交差する道路・水路等の空間を得るために設けられる構造物

*5 打音用の点検ハンマーにより対象構造物を打撃することにより、構造物の状況（コンクリートの剥離、空洞、ボルトの緩み等）を把握するものである。



図 1 橋梁内の検査路での詳細点検の様子

Fig. 1 Snapshot of detailed inspection in bridge.

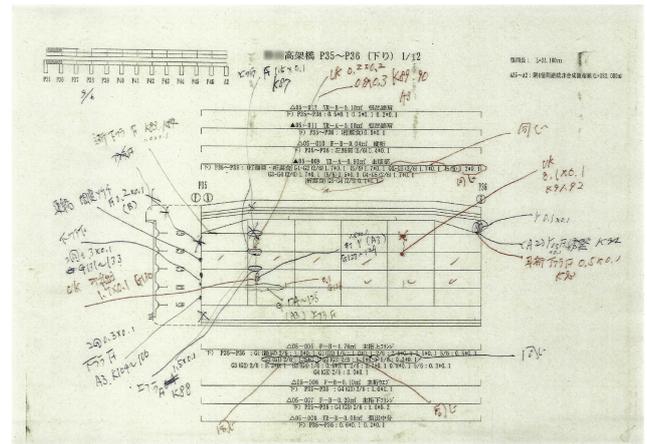


図 2 調書の一例

Fig. 2 Example of investigative report.

置・方向・寸法を測定し、現場調書（以下、調書）に記録する。その際、あわせて写真撮影やスケッチ等も行う。図 1 に橋梁内の検査路での詳細点検の様子、図 2 に調書の一例を示す。

4. フィールド観察

本研究では、現場の調査方法としてフィールド観察を採用した。その理由は、本調査は観察対象者の実際の業務のコンテキストの中で行うことにより、フォーカスグループ*6、実験室実験、アンケート等からは見えてこない、普段のユーザーと「道具」とのインタラクションに関する深い洞察を得られる可能性があるためである。フィールド観察は、東日本高速道路株式会社（NEXCO 東日本）、および株式会社ネクスコ東日本エンジニアリングの協力を得て実施した*7。

4.1 観察目的

本研究では、土木構造物の保全点検業務のうち特に専門

*6 定性的研究の一種であり、ある製品、サービス、コンセプト、宣伝、アイデア、パッケージ等について人間の集団に考えを質問する手法としてマーケティングリサーチで使われる。グループ対話形式で自由に発言してもらう。

*7 NEXCO 東日本グループでは、関東以北、長野、新潟から北海道まで、総距離約 3,720 km に及ぶ高速道路を管理運営している [26]。

的技術を要する詳細点検を分析対象とした。特に、点検業務の4つのプロセスの中でも現場で行われる「(2)点検の実施」(3章参照)に焦点を絞った。本観察の目的は、橋梁を主とする土木構造物の点検技術者を支援する新しい「道具」をつくるための基礎知見を得るために、詳細点検の現場業務に従事する点検技術者の行動を明らかにすることである。

4.2 観察環境

観察調査は、関東近郊の高速道路において場所と日を変えて3回(1回目:2010年9月6日の平日の晴天時・東水戸道路, 2回目:2011年7月13日の平日の晴天時・東関道自動車道, 3回目:2012年2月20日の平日の晴天時・常磐自動車道)実施した。場所の選定は、標準的な詳細点検の現場という観点で、点検技術者に行ってもらった。以下にその特徴を示す。

- 点検対象となる土木構造物は、橋梁、路面、のり面等であるが、主たる対象は橋梁の上部構造*8である。
- 点検する橋梁の種類は鋼橋*9である。
- 点検は、特殊車両や台車を使用せず、橋梁の上部構造に設置された検査路を歩行し肉眼で行う。
- 検査路は、日中であれば照明器具がなくても歩行可能な程度の明るさがある。

4.3 被観察者

土木構造物の保全点検を行うネクスコ東日本エンジニアリングの点検技術者の方々に、被観察者としての協力を依頼した。同社では、通常、5名程度の点検作業班を構成し点検現場に向かう。点検作業自体は、若手技術者の教育のためにペアを組んで行う場合もあるが、通常は単独で行う。本調査でも、点検作業のより一般的な状況を明らかにするために、単独で行う点検作業を観察対象とした。

本観察では、3回の現場観察において、20代から50代の合計10名(いずれも男性)の点検技術者の行動を観察した。点検業務経験年数は、平均5.6年(最短1年, 最長15年)であった。

4.4 観察手法

観察手法は、被観察者に対し観察者がその存在を明示しながら直接観察を行う参加観察法を採用した。この手法は、被観察者がいったん観察者の存在を受け入れ慣れれば、もはや行動は影響されることは少なくなる[28]。本調査では、1名の被観察者(点検技術者)につき1名の観察者が密着して追従した。

*8 橋梁は、交通荷重が通行する上部構造(上部工)と、それを支持する下部構造(下部工)とから構成される[27]。

*9 橋梁は、上部構造の使用材料によって、木橋、石橋、鋼橋、コンクリート橋等に分類される[27]。大部分の橋梁は鋼橋またはコンクリート橋である。

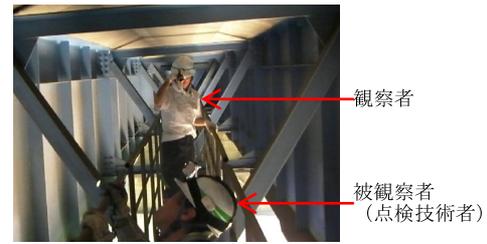


図3 観察の様子

Fig. 3 Snapshot of observation.



図4 2台のビデオカメラで撮影され合成された映像

Fig. 4 Compound video shot from two cameras.

1回当たりおよそ60~90分間の点検業務を観察させてもらった。点検技術者には普段通りの点検作業をするよう依頼した。

4.5 観察機材

1名の点検技術者につき2台のビデオカメラを用いて、2視点から技術者の行動を撮影した。1台は、点検技術者自身の視点から撮影するために、技術者の頭部ヘルメットに装着してもらった。もう1台は、技術者の作業風景全体を撮影するために、観察者が手で持った。図3に、観察の様子を示す。

観察終了後、動画編集ソフトを用いて、2視点のビデオカメラ映像を同期させ1つの映像として合成した。その際、通常の点検業務とは関係のない、観察者と被観察者との会話のシーン等は映像から除いた。10名分の点検技術者の合成映像は、合計で約10.2時間であった。図4に合成された映像の一例を示す。

5. 分析方法

5.1 点検技術者の行動の分類

詳細点検において点検技術者がとる行動の大まかな流れは3.2節に示したとおりである。この点検技術者の行動を記述するために、詳細点検中に観測される行動の分類を行う必要がある。行動の分類にあたり、主に経営工学の領域において作業や微細な動作の分析を行うために用いられているサーブリッグ法やPTS法[29]を適用することも考えられるが、本分析で扱うには解析する動作の要素単位が

表 2 点検技術者の行動分類

Table 2 Behavioral classification of inspection engineer.

大分類		小分類 (*1)	
点検	I (inspection)	点検道具取出	I-a
		ライトなし目視 (*2)	I-p1
		ライトあり目視 (*3)	I-p2
		道具で触診	I-p3
		手で触診	I-p4
		その他 (*4)	I-p5
		点検道具収納	I-d
撮影	S (shooting)	撮影道具取出	S-a
		身体でズーム	S-p1
		カメラでズーム	S-p2
		ズーム以外のカメラ調整	S-p3
		撮影	S-p4
		画像確認	S-p5
		撮影道具収納	S-d
記録	R (recording)	記録道具取出	R-a
		調書ページめくり	R-p1
		調書ページ配置換え	R-p2
		記入道具の色変更	R-p3
		調書記入	R-p4
		調書参照	R-p5
		カメラ参照	R-p6
		現在位置確認	R-p7
		記録道具収納	R-d
移動	T (transfer)	平らな場所での移動	T-p1
		高低差のある場所での移動	T-p2
		歩行できない閉所での移動	T-p3
コミュニケーション	C (communication) (*5)	C	
欠落	M (missing) (*6)	M	

*1: a: activation, p: performance, d: deactivation
 *2: ライトを用いずに外光のみで点検箇所を目視
 *3: 点検箇所を頭部ライトや手持ちライトで照射しながら目視
 *4: 発生頻度の低い特殊行動 (例: 壁面にマーキング、変状レベル測定、等)
 *5: 他の点検員との口頭やジェスチャによる会話
 *6: 点検業務中だが観察者のビデオカメラの持ち替え等より撮影に欠落が生じた部分

小さくなりすぎるため独自に分類を行った。まず、合成映像を概観し、点検技術者の行動を大きく、点検 (I)、撮影 (S)、記録 (R)、移動 (T)、コミュニケーション (C) の5つに大きく分類した。さらに、点検 (I)、撮影 (S)、記録 (R) の3つの行動に関しては、道具の利用をともなう様子が頻繁に観察されたため、道具を軸に行動をさらに以下に示す3つのプロセスに細分化した。

- Activation: 道具を取り出し、それが使用できる状態に至るまでの前準備の行動 (たとえば撮影 (S) の場合、このプロセスに相当する行動は「カメラをポケットから取り出し両手で持つ (S-a)」)
- Performance: 道具の本来の機能を果たすための正味の行動 (同「ズーム調整等を行い (S-p1~S-p3)、カメラで写真を撮り (S-p4)、画像を確認する (S-p5)」)
- Deactivation: 道具を収納し、次の行動に移移できる状態に至るまでの後処理の行動 (同「カメラをポケットにしまう (S-d)」)

以上の観点に基づき、点検技術者の行動を表 2 に示す 6 種類 (細かくは 28 種類) の行動に分類した。

5.2 点検技術者が携行する道具

また、道具を軸にして行動の分類を行う際、具体的な道具の種類も把握する必要がある。点検技術者が詳細点検時に携行する道具を技術者に尋ねたところ、通常 20~30 個の道具を携行していることが分かった (図 5)。表 3 に、

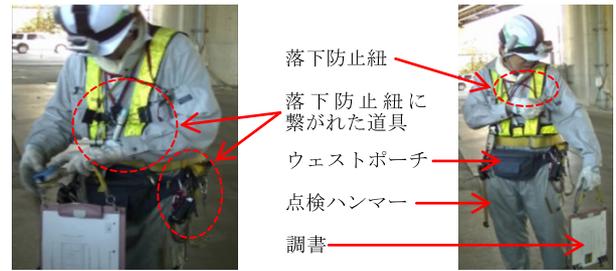


図 5 点検技術者の装備

Fig. 5 Equipment of inspection engineer.

表 3 点検技術者が携行する道具

Table 3 Set of tools carried by inspection engineer.

携行方法	道具
ベルト等で身体に固定	ヘルメット、頭部ライト、安全ベルト (点検員自身の落下防止用)、反射ベスト、ウェストポーチ
手で把持して携帯	点検調書 (手提げ紐/肩掛け紐を着けたクリップボードやリングファイルに、10~20枚程度の調書用紙が綴じられている)
衣服からぶら下がった落下防止紐 (ゴム紐、螺旋紐など) に結び付けられた状態で携帯	ボールペン (3~4本)、点検ハンマー、錆落としヘラ、手持ちライト、カメラ、双眼鏡、色見本カード
ウェストポーチ内に収納	防錆剤 (スプレー缶)、クラックゲージ (亀裂の測定)、ルーペ、メジャー
作業着のポケット内に収納	チョーク、携帯電話

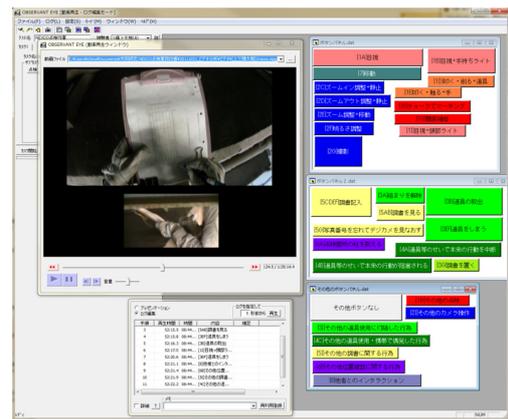


図 6 行動履歴記録プログラム Observant Eye 2.0

Fig. 6 Behavior recording software, Observant Eye 2.0.

点検技術者が通常携行している道具を携行方法別に示す。

5.3 点検技術者の行動のコーディング

行動のコーディングは、行動履歴記録プログラム Observant Eye 2.0 [30] を用いて行った。約 10.2 時間の合成映像のすべての時間に対して、表 2 に示した行動のいずれか 1 つを空白なく割り当てた。Observant Eye は、観察対象とする行動や事象の名前をボタン名として登録し、パネル (図 6 右) 上にボタンをあらかじめ配置しておけば、動画 (同左上) を見ながら相応するボタンを押下することで被観察者の行動や事象が時間とともに記録 (同左下) される。

コーディング作業は、1 つの合成映像に対して分析者 2 名で行った。最初に一方の分析者がコード化した後、もう一方の分析者がコーディング結果を確認した。両者間で、分類する行動の種類や、行動の開始・終了のタイミングに

関して食い違いがあった場合は、協議の上判定した。

6. 結果

6.1 時間占有率・平均発生頻度・平均所要時間

時間占有率

詳細点検業務全体における、各行動の時間占有率の全点検技術者の平均と標準偏差を表 4(a) に示す。大分類項目別に見ると、点検 (I) が占める割合は約 35%，撮影 (S) は約 11%，記録 (R) は約 26%，移動 (T) は約 13%，コミュニケーション (C) は約 4%であった。小分類項目別に見ると、点検に関わる行動は、目視 (I-p1, I-p2) が大半を占めており、手や道具による触診 (I-p3, I-p4) はそれほど多くは観察されなかった。撮影に関わる行動については、撮影 (S-p4) 自体に費やす時間割合が最も高いことが分かる。また、撮影前の調整 (S-p1, S-p2, S-p3) よりも撮影後の確認 (S-p5) に費やしていることが分かる。記録に関わる行動については、調書への記入 (R-p4) および参照 (R-p5) にかかなりの時間を費やしていることが分かる。移動は、平らな場所での移動 (Tp-1) だけでなく、高低差のある場所での移動 (Tp-2) も少なからずあることが分かる。

平均発生頻度

各行動の 1 分間あたりの平均発生頻度の全点検技術者の平均と標準偏差を表 4(b) に示す。大分類項目別に見ると、記録 (R) の頻度が 1 分間あたり約 4.6 回と最も多く、次いで点検 (I) が約 3.8 回であった。小分類項目別に見ると、

平均発生頻度は時間占有率とおおむね同じ傾向を示しており、発生頻度が高い行動は、時間占有率が高い行動とほぼ一致している。

平均所要時間

各行動の 1 回当たりの平均所要時間の全点検技術者の平均と標準偏差を表 4(c) に示す。大分類項目別に見ると、全行動の中で、コミュニケーション (C)、つまり、他の点検技術者と点検に関する情報共有や情報交換のための会話が約 13 秒と最も長かった。小分類項目別に見ると、点検に関わる行動の中では「その他 (I-p5)」が約 13 秒と最も長かった。所要時間の長かったこの 2 つの行動 (C, I-p5) に関して表 4(a), (b) を参照すると時間占有率、発生頻度も高くないため、作業全体に与える影響はそれほど高くない。「その他 (I-p5)」に含まれる行動は、チョークを用いた壁面へのマーキング、メジャーやクラックゲージを用いた変状レベル測定、点検ハンマーや錆落としヘラによる簡易補修等があるが、これらは発生頻度は低いが所要時間の長い行動であることが分かる。撮影に関わる行動については、撮影自体 (S-p4) に要する時間が最も長く、次いで、撮影道具取出 (S-a) であった。記録に関しては、調書への記入 (R-p4) および参照 (R-p5) に要する時間が長かった。

6.2 道具の取出・収納

次に、道具の取出・収納に関わる行動に着目する。表 4(a) の道具の取出に関する行動 (I-a, S-a, R-a) の時間占有率

表 4 各行動の時間占有率 (%)・1 分間あたりの平均発生頻度 (回)・1 回あたりの平均所要時間 (秒)

Table 4 Time occupancy (%), average frequency, and average time required (sec) for each behavior.

	大分類別	(a) 各行動の時間占有率 (%)				(b) 各行動の1分間あたり平均発生頻度(回)				(c) 各行動の1回あたり平均所要時間(秒)				
		大分類別		小分類別		大分類別		小分類別		大分類別		小分類別		
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
点検	点検道具取出	I-a	35.25%	9.77%	1.09%	1.20%	3.82	1.27	0.18	0.23	5.69	1.33	3.11	1.87
	ライトなし目視	I-p1			16.74%	14.95%			1.93	1.46			4.89	1.46
	ライトあり目視	I-p2			13.49%	11.98%			1.22	1.11			5.52	3.35
	道具で触診	I-p3			0.73%	1.02%			0.05	0.07			4.71	4.62
	手で触診	I-p4			1.13%	1.23%			0.19	0.21			3.13	1.84
	その他	I-p5			1.30%	2.18%			0.07	0.10			12.55	27.21
	点検道具収納	I-d			0.76%	0.69%			0.17	0.20			2.48	1.72
撮影	撮影道具取出	S-a			2.36%	1.28%			0.28	0.11			4.68	2.48
	身体でズーム	S-p1			0.79%	0.54%			0.17	0.11			2.46	0.98
	カメラでズーム	S-p2			0.63%	0.87%			0.13	0.15			1.99	1.33
	ズーム以外のカメラ調整	S-p3	10.96%	4.29%	0.02%	0.07%	1.59	0.64	0.00	0.01	3.78	1.52	0.39	1.24
	撮影	S-p4			4.39%	2.28%			0.47	0.22			5.32	3.30
	画像確認	S-p5			1.58%	0.81%			0.29	0.14			2.98	1.38
	撮影道具収納	S-d			1.20%	0.77%			0.25	0.13			2.51	1.37
記録	記録道具取出	R-a			3.30%	1.64%			0.87	0.39			2.05	0.85
	調書ページめくり	R-p1			1.78%	1.39%			0.33	0.25			2.89	1.93
	調書ページ配置換え	R-p2			0.96%	1.09%			0.14	0.16			2.41	2.16
	記入道具の色変更	R-p3			0.72%	0.75%			0.24	0.23			1.30	0.96
	調書記入	R-p4	25.98%	9.05%	12.44%	6.84%	4.61	1.76	1.38	0.79	4.01	2.12	5.11	2.37
	調書参照	R-p5			4.60%	3.08%			0.88	0.57			3.40	2.38
	カメラ参照	R-p6			0.10%	0.17%			0.02	0.02			1.70	2.10
	現在位置確認	R-p7			0.32%	0.53%			0.04	0.06			1.92	2.58
	記録道具収納	R-d			1.76%	1.09%			0.73	0.36			1.31	0.60
移動	平らな場所での移動	Tp-1			8.86%	3.08%			1.22	0.33			4.38	1.04
	高低差のある場所での移動	Tp-2	12.53%	4.80%	2.90%	2.71%	1.69	0.66	0.39	0.36	4.52	0.87	4.58	3.39
	歩行できない閉所での移動	Tp-3			0.77%	1.03%			0.08	0.10			2.63	2.94
コミュニケーション		C	4.10%	3.25%	4.10%	3.25%	0.33	0.47	0.33	0.47	12.52	9.67	12.52	9.67
欠落		M	11.18%	16.59%	11.18%	16.59%	0.49	0.75	0.49	0.75	8.95	9.38	8.95	9.38

同一軸方向範囲内に塗られた単色(赤または緑)のグラデーションは、色の濃淡が値の大小を表す

を合計すると 6.74%，収納に関する行動 (I-d, S-d, R-d) を合計すると 3.72%，両者を合わせると 10.46%であり，点検技術者は点検業務全体の約 1 割の時間を道具の出し入れに費やしていることが分かる。

また，道具の取出・収納 (I-a, S-a, R-a, I-d, S-d, R-d) 時に使用された道具を調べた。道具の取出・収納時に使用された道具の 1 度の詳細点検中の発生頻度 (総頻度) および 1 行動あたりの平均所要時間の，全点検技術者の平均と標準誤差を図 7 に示す。グラフより，道具の取出・収納が多く行われた道具は，上位から順に，記入道具，調書，カメラであり，道具の取出・収納に特に時間を要した道具は，点検ハンマーとカメラであった。発生頻度や平均所要時間の多かったこれら 4 つの道具 (記入道具，調書，カメラ，点検ハンマー) について，道具の取出・収納に関わる行動の小分類項目別の使用状況を調べた (表 5，表 6)。2 つの表を概観すると，それぞれの道具は特定の行動で限定的に使用されていることが分かる。カメラのみ撮影 (S) と記録 (R) の 2 つで使用された。

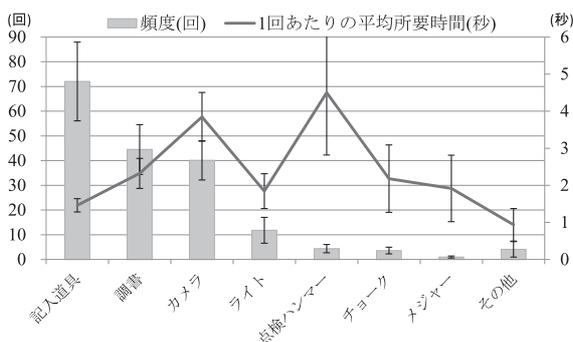


図 7 道具の取出・収納時に使用された道具

Fig. 7 Average frequency and time required for each tool accessed by engineer.

表 5 道具の取出・収納時に使用された主な道具の発生頻度 (回) (小分類項目別)

Table 5 Average frequency required for each major tool.

	記入道具		調書		カメラ		点検ハンマー	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
点検 点検道具取出 I-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	2.79
点検道具収納 I-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	2.51
撮影 撮影道具取出 S-a	0.00	0.00	0.00	0.00	19.60	11.75	0.00	0.00
撮影道具収納 S-d	0.00	0.00	0.00	0.00	19.00	12.45	0.00	0.00
記録 記録道具取出 R-a	38.80	25.80	24.00	17.96	0.80	1.55	0.00	0.00
記録道具収納 R-d	33.00	24.82	20.50	14.34	0.70	0.82	0.00	0.00

表 6 道具の取出・収納時に使用された主な道具の平均所要時間 (秒) (小分類項目別)

Table 6 Average time required for each major tool (sec).

	記入道具		調書		カメラ		点検ハンマー	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
点検 点検道具取出 I-a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64	3.95
点検道具収納 I-d	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.39	7.88
撮影 撮影道具取出 S-a	0.00	0.00	0.00	0.00	4.68	2.48	0.00	0.00
撮影道具収納 S-d	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	1.37	0.00	0.00
記録 記録道具取出 R-a	1.86	0.77	2.67	1.58	1.51	2.20	0.00	0.00
記録道具収納 R-d	0.97	0.51	1.95	1.06	1.27	1.49	0.00	0.00

記入道具・調書

表 5，表 6 より，記入道具と調書は記録 (R) の際にのみ使用されている。記入道具の発生頻度 (R-a: 38.80, R-d: 33.00) が調書の頻度 (R-a: 24.00, R-d: 20.50) と比べて 1.5 倍近い値となっている点について映像を観察したところ，調書を 1 回出し入れする間に，記入道具とのインタラクションは多様に行われており——ひとまとまりの文字列を入力するつどペンを胸ポケットから出し入れする，入力途中で別のペンに替える等——記入道具の存在が点検技術者の行動に大きく影響を与えていることが分かった。

カメラ

カメラの取出・収納は，ほかと比較して発生頻度，平均所要時間とも値が大きい傾向にある (図 7) が，特に，カメラの収納 (S-d: 2.51, R-d: 1.27) よりも取出 (S-a: 4.68, R-a: 1.51) 時の平均所要時間が長い (表 6)。取出時の映像を観察したところ，カメラはウェストポーチに収納されているケースがほとんどであったが，グローブを装着した指でのウェストポーチやカメラの操作——ウェストポーチのファスナーのつまみを持ちファスナーを開ける，ウェストポーチに収納された複数の道具の中からカメラを探り出す，カメラの電源ボタンを押下する——に時間を要していることが分かった。

点検ハンマー

発生頻度は低いものの取出・収納時の平均所要時間が最も長かった点検ハンマー (図 7) についても映像を観察した。点検技術者が携行している道具の多くは，落下防止紐に結び付けられた状態で，上半身のポケットやウェストポーチに収納されているが，点検ハンマーは重量があるため腰や太腿辺りのホルダー (バンド) に掛けて保持・携行されている。ホルダーは，歩行しても点検ハンマーが抜け落ちないようにするためにホルダーの幅が細くなっている。これらの要因により，種々の不都合——下半身に収納するために紐を長くする必要がありこれにより他の紐と特に絡みやすい，点検ハンマーの柄の部分に紐が絡みやすい，ホルダーの幅が狭いため取り出す際にハンマーの頭部分ホルダーに引っかかりやすい，ホルダーの幅が狭くかつ目や手から遠い下半身にあるため，目視しないとハンマーをホルダーにしまえない等——が生じていることが分かった。

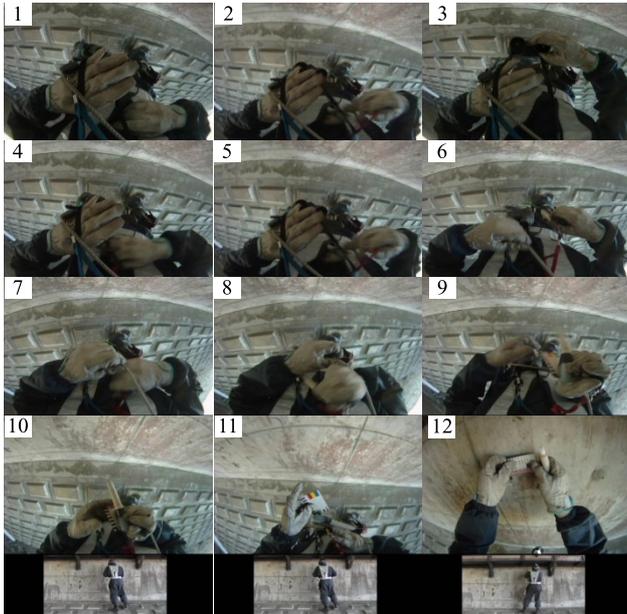
6.3 円滑な行動を阻害する要因

行動のコーディングが進むにつれ，携行している道具数の多さ，落下防止紐，グローブ等が，点検技術者の円滑な行動に遅延を生じさせている様子が散見された。そこで，生じたすべての行動 (小分類項目別) に対して，遅延の有無を評価した。評価はコーディング作業と同様の方法で 2 名で行った。さらに，遅延のあったと評定された行動については，その要因も分析した。表 7 に，行動に遅延を生

表 7 円滑な行動を阻害する要因とその発生頻度 (回)

Table 7 Factors that prevent smooth action and the frequency of occurrence.

阻害要因	発生頻度
落下防止紐が、衣服・他の道具・他の紐等と絡まってしまっているために、目的とする行動を行う前に紐をほどいている	91
グローブを装着した状態で指先を使う細かい操作を行っているために、目的とする行動の遅延を招いている	59
携行している道具が多すぎるために、目的とする動作 (主に移動) の遅延を招いている	16
風により調書がはためく	12



クラックゲージ (赤い紐) を取り出そうとして実際に利用可能な状態になるまで (約 11 秒間) : 首にかかったペンや双眼鏡の紐を左手の甲で持ち上げ (1)、カードを取り出そうとした (2)。ところが、紐が絡まっていることに気付いたため、絡まりの状況を調べた (3)。右手でゲージをつまみ出し (4-6)、ゲージの紐と絡まった白いロープを左手でつまみ (6-7)、そのロープの下を右手をくぐらせることで絡まりを解き (7-10)、ゲージを左手に持ち替えた (11) 後、漸くゲージを利用できる状態になった (12)。

図 8 絡まった紐を解いて所望の道具を取り出す様子

Fig. 8 Context in which the engineer is rescuing the tangled tool.

じさせた要因を頻度の高い順に示す。

阻害要因としては、落下防止紐の絡まりが 91 回と最も多く、次いで、グローブによる細かい操作、携行道具数の多さであった。これら 3 つの阻害要因について、合成映像から観測された特徴的な挙動を図 8, 図 9, 図 10 にそれぞれ示す。

最も多く観察された落下防止紐の絡まりに関しては、点検技術者が携行している道具のほぼすべてに対して、通行人・路面への落下を防ぐための落下防止紐が取り付けられているため、紐どうしの絡まりを招き、それをほどくという不必要な作業が高頻度で発生していることが分かった。

2 番目に多く観察された作業用グローブを装着した状態での操作に関しては、点検技術者は、安全性の観点から手にはつねにグローブを装着しているが、素手による利用を前提に作られた道具をグローブで使用しているために、目的とする行動の遅延や種々の困難を招いていることが分かった。これらは主に、調書 (紙)、カメラ、記入道具を操



バインダーの 2 枚目の調書を参照しようとして実際に参照可能な状態になるまで (約 17 秒間) :

1. 最初、紙の束の左下隅をターゲットにして、左手の親指で 1 枚目の紙だけをめくろうとしたが、数枚を一緒につまんでしまった。指先で探り 1 枚目だけを分離させようとしたが成功しなかった。
2. そこでターゲットを紙束の中央下に移した。右手の親指で紙束の下の方を押さえつつ、左手の親指で 1 枚目だけめくろうとしたがやはり成功しなかった。
3. さらにターゲットを紙束の右側に変更した。左手の人差し指をスライドさせて 1 枚目だけをめくろうとしたが、指が紙の上を上滑りしてめくれなかった。
4. あきらめずに何度か試したところ、1 枚目だけをめくれた (と思った) ため、素早く左手の親指を 1 枚目と 2 枚目の間に差し挟んだ。
5. そして、左手の人差し指と親指で紙をつまみ、勢いよくめくり上げようとしたが、途中で、実は 2 枚の紙をつまんでいることに気付いた。
6. そこで、注意深く左右の親指を使って 1 枚目と 2 枚目の用紙を分離させようとして何度か試したところ、漸く 1 枚目と 2 枚目を分離できた。
7. 左手の親指で勢いよく 1 枚目をめくろうとしたところ、1 枚目の紙の左側がバインダーに付けられた落下防止紐にひっかかってしまい動作が中断した。
8. そこで、左手で 1 枚目をつまんだまま、右手でバインダーの右側を把持し紐とバインダーの位置関係を微調整し、漸く 2 枚目の全体が見えるところまで 1 枚目をめくることに成功した。

図 9 グローブを装着した状態で紙をめくる様子

Fig. 9 Context in which the engineer is turning over the paper with gloved fingers.



コンクリートの高台から、手と膝をつけて台の下に降りようとしている。首にかけられた多数の紐とそれらに繋がった多数の道具が上半身の下で激しく揺れているシーン。

被観察者 (点検技術者) の視点映像 (高台から降りるために足元を見ている)

観察者の視点映像 (高台に手をついている)

図 10 首からぶら下がった多くの道具が大きく揺れている様子

Fig. 10 Context in which many tools around the engineer's neck are swinging very actively.

表 8 大分類項目別の行動間の遷移確率

Table 8 Transition probability between two behaviors per large category.

x/y	I	S	R	T	C	M
点検	1	0.054	0.516	0.388	0.019	0.023
撮影	S	0.206	0.611	0.141	0.007	0.036
記録	R	0.711	0.100	0.147	0.025	0.017
移動	T	0.823	0.036	0.095	0.015	0.031
コミュニケーション	C	0.354	0.040	0.293	0.182	0.131
欠落	M	0.315	0.138	0.269	0.200	0.077

作する際に観察された。

6.4 行動パターン

表 8 に、すべての点検技術者のデータを用いた、大分

類項目別の行動間の遷移確率を示す。表中の確率は、直前に行動 x が行われた条件下で行動 y が行われる条件付確率である。算出の際、連続する 2 つの行動の大分類が同一の場合は、1 つの行動として結合した。また、図 11 に、欠落 (M) を除く、行動間の遷移確率が 0.35 以上の遷移図を示す。図より、詳細点検は、大きく見ると、点検技術者は「次の点検箇所まで移動し、点検を行い、調書に記録し、再び点検を行う。撮影の後は記録に戻り、他の点検技術者とのやりとりの後は点検に戻る」という行動パターンを繰り返している様子が伺える。

次に、小分類項目別の行動間の遷移確率を求めた。表全体の提示は紙面の都合上省略し、以降に主な結果について記す。

点検

表 4 より、小分類項目別で時間占有率および発生頻度が最も高かった目視 (I-p1, I-p2) に着目し、これらの行動と連動して発生している行動とあわせて分析する。表 9(a),

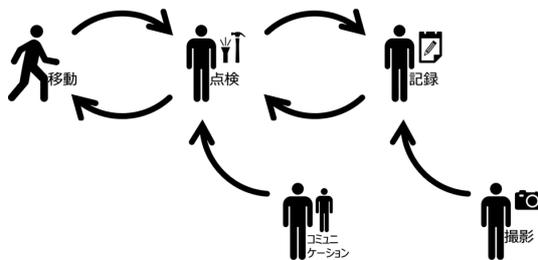


図 11 点検の基本行動パターン

Fig. 11 Bridge engineers' regular behavioral pattern.

表 9 目視・調書記入の行動間の遷移確率

Table 9 Transition probability between two behaviors per small category during visual checking and writing.

	x	(a) ライトなし目視		(b) ライトあり目視		(c) 調書記入		
		I-p1		I-p2		R-p4		
		x→I-p1	I-p1→x	x→I-p2	I-p2→x	x→R-p4	R-p4→x	
点検	点検道具取出	I-a	0.054	0.018	0.377	0.024	0.000	0.001
	ライトなし目視	I-p1	0.012	0.012	0.022	0.032	0.234	0.375
	ライトあり目視	I-p2	0.032	0.022	0.003	0.003	0.159	0.142
	道具で触診	I-p3	0.211	0.004	0.026	0.000	0.000	0.000
	手で触診	I-p4	0.378	0.032	0.236	0.036	0.000	0.000
	その他	I-p5	0.250	0.010	0.078	0.003	0.000	0.000
	点検道具収納	I-d	0.121	0.009	0.086	0.047	0.017	0.000
撮影	撮影道具取出	S-a	0.046	0.014	0.005	0.024	0.005	0.000
	身体でズーム	S-p1	0.000	0.005	0.000	0.008	0.000	0.000
	カメラでズーム	S-p2	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	カメラ調整	S-p3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	撮影	S-p4	0.038	0.007	0.035	0.005	0.000	0.000
	画像確認	S-p5	0.028	0.006	0.014	0.006	0.000	0.000
	撮影道具収納	S-d	0.047	0.005	0.021	0.004	0.005	0.000
記録	記録道具取出	R-a	0.057	0.052	0.022	0.060	0.353	0.002
	調書ページめくり	R-p1	0.040	0.009	0.018	0.010	0.083	0.022
	調書ページ配置換え	R-p2	0.051	0.003	0.034	0.003	0.060	0.004
	記入道具の色変更	R-p3	0.064	0.008	0.058	0.009	0.791	0.058
	調書記入	R-p4	0.375	0.234	0.142	0.159	0.007	0.007
	調書参照	R-p5	0.273	0.157	0.089	0.078	0.110	0.043
	カメラ参照	R-p6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.286	0.007
	現在位置確認	R-p7	0.081	0.012	0.027	0.004	0.432	0.001
	記録道具収納	R-d	0.142	0.050	0.063	0.032	0.002	0.265
移動	平らな場所	T-p1	0.421	0.224	0.324	0.293	0.002	0.045
	高低差のある場所	T-p2	0.257	0.065	0.195	0.082	0.000	0.002
	歩行できない箇所	T-p3	0.271	0.015	0.271	0.026	0.000	0.000
コミュニケーション	C		0.170	0.015	0.120	0.014	0.100	0.012
欠落	M		0.077	0.010	0.192	0.040	0.138	0.014

(b) に、各行動 (小分類項目別) から目視に遷移した確率、目視から各行動に遷移した確率をそれぞれ示す。

表 9(a) より、ライトなし目視 (I-p1) に関しては、平らな場所での移動 (T-p1)、手で触診 (I-p4) といった道具をとまわらないシンプルな行動からの遷移が多い。また、調書記入 (R-p4) からライトなし目視 (I-p1) への遷移、ライトなし目視から調書記入への遷移の確率がいずれも高いことから、点検箇所を目視しながら調書に点検結果を記入する (点検箇所と調書を行き来する) ことを頻繁に行っていることが分かる。

一方、表 9(b) より、ライトあり目視 (I-p2) に関しては、点検道具取出 (I-a) からの遷移が最も頻繁であることが分かる。該当するすべてのケースについて調べたところ、点検道具取出において使用された道具はいずれもライトであった。換言すれば、ライトを取り出す必要がなければ、ライトなし目視と同様に、目的である目視行動に速やかに遷移できるようになるといえる。

記録

表 4 より、目視 (I-p1, I-p2) に次いで時間占有率および発生頻度が高かった調書記入 (R-p4) について分析する。表 9(c) に、各行動から調書記入に遷移した確率、調書記入から各行動に遷移した確率をそれぞれ示す。

表 9(c) より、調書記入に遷移する確率が最も高かったのは記入道具の色変更 (R-p3) であった (0.791)。観察の前後で、何名かの点検技術者に対してインフォーマルなインタビューを行った際、点検後の点検結果のデータベースへの登録や事後参照のしやすさを考慮して、変状の箇所・種類・程度・進行状況等によって色を替えているとの発言があった。これらの結果から、点検技術者は情報の種類によってペンの色を替えて記録している様子が伺える。さらにこの記入道具の色変更に遷移する行動を調べたところ、最も遷移確率が高かったのはカメラ参照 (R-p6) から記入道具の色変更への遷移 (0.286) であった。インタビューから、写真と点検箇所を後から対応付けられるようにするために撮影した写真の番号を調書に記入することが多いことが分かった。

調書記入 (R-p4) に遷移する行動として、記入道具の色変更 (R-p3) に次いで多いのは、現在位置確認 (R-p7) (0.432) であった。インタビューから、橋梁内の検査路は、同じ形状の橋脚や検査路の手すりが等間隔に並んでおり現在位置を把握しにくいと、点検技術者は点検が 1 ブロック (橋脚から次の橋脚まで) 終了するごとに、点検開始地点から何ブロック目に来ているかを指差し確認しながらカウントし、調書にレ点等でチェックマーク等を記入している (図 2 参照) ことが分かった。

また、表 9(c) より、記録道具取出 (R-a) から調書記入 (R-p7) への遷移 (0.353)、調書記入から記録道具収納 (R-d) への遷移 (0.265) の頻度も高く、「ペンを取り出し

ンで記入後ペンをしまう」という一連の行動を頻繁に行っていることが分かる。

撮影

小分類項目別の行動間の全遷移確率（本論文では省略）を概観すると、総じてほかより高い遷移確率を示したのは、撮影 (S) に関する各行動であった。表 10 に、撮影 (S) に関する行動（小分類項目別）間の遷移確率、図 12 にそのうちの主な遷移を示す。

表 10 の撮影道具取出 (S-a) および撮影道具収納 (S-d) で使用された行動を調べたところすべてカメラであった。この点と、表 10, 図 12 の結果から、点検技術者は、「カメラを取り出した後、ズームングして構図を調整後撮影し、画像を確認した後にカメラをしまう」というきわめて一般的かつ定型的な手順でカメラを利用し撮影していること、また、ピント合わせ・絞り値・シャッタースピードカメラ等の手動操作を行っていないことが分かる。

6.5 熟練度による違い

4.3 節で示したとおり、被観察者の点検業務経験年数にばらつきがあったため、前節までに示した各々のデータについて、熟練度（2水準：Expert・Novice）を要因とした 1 要因分散分析（被験者間要因）を行った。点検業務経験年数が 5 年以上を Expert、5 年未満を Novice とした。その結果、各データに関しては熟練度の主効果は有意ではなく、熟練度の違いによる差異はほとんど見られなかった。

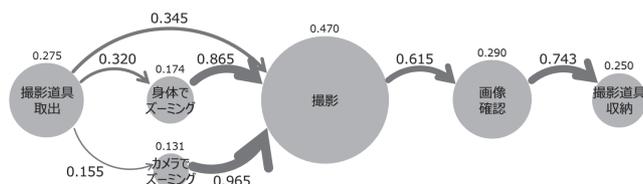
一方で、現場およびビデオカメラの観察を通して、経験年数の高い点検技術者と低い技術者では、点検のリズム、

表 10 撮影中の分類項目別の行動間の遷移確率

Table 10 Transition probability between two behaviors per small category during shooting.

x/y	S-a	S-p1	S-p2	S-p3	S-p4	S-p5	S-d
撮影道具取出	S-a	0.005	0.320	0.155	0.005	0.345	0.005
身体でズームング	S-p1	0.000	0.000	0.090	0.000	0.865	0.000
カメラでズームング	S-p2	0.000	0.035	0.000	0.000	0.965	0.000
カメラ調整	S-p3	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
撮影	S-p4	0.000	0.076	0.104	0.006	0.000	0.615
画像確認	S-p5	0.000	0.047	0.033	0.000	0.042	0.000
撮影道具収納	S-d	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005

(全行動間の遷移確率表からの部分抜粋のため、横 1 列の確率の合計は 1.0 にならない)



円の直径は表 4(b) の平均発生頻度の相対的な高さを、矢印線の太さは表 10 の遷移確率の想定的な高さをそれぞれ表す。ズーム以外のカメラ調整(S-p3)は表 4(b) より発生頻度が極めて低い (0.003 回/分) ため省略した。

図 12 撮影中の基本行動パターン

Fig. 12 Bridge engineers' regular behavioral pattern during shooting.

間合い、身体の動かし方等に違いがある印象を受けた。もしこれらに違いがあるのであれば、点検内容自体の質的な高さにも違いがある可能性がある。熟練度等のユーザー属性による違いを確認するためには、さらにサンプル数を増やし、分析を行う必要がある。

6.6 抽出された特徴や問題点のまとめ

前節までの結果を概観すると、点検技術者は純粋に土木構造物の状況の把握だけを行っているのではなく、きわめて高負荷なマルチタスク——メインタスク：壁・柱・床といった土木構造物とのインタラクション（点検 (I)）、サブタスク 1：調書とのインタラクション（記録 (R)）、サブタスク 2：カメラとのインタラクション（撮影 (S)）——を実行していることが分かる。時間占有率で見ると、メインタスクは全体の約 35%、サブタスクはそれぞれ約 26%、約 11% である。サブタスクは調書への記入およびカメラ撮影といういずれも変状に関わる情報を登録・参照するための行為といえる。この 2 つのサブタスクの時間占有率を合算した値（約 37%）はメインタスクの値を上回っており、点検技術者にとって情報の登録・参照に関わる行為は点検作業全体の中でかなりのウェイトを占めていることが分かる。

表 11 (a) に、メインタスク、サブタスクそれぞれについて、前節までの直接観察および定量的分析結果から抽出された特徴や問題点をまとめる。表 11 (a) より、特にサブタスクにおける問題点が多く抽出されていることが分かる。メインタスクである土木構造物とのインタラクションは、身体動作がダイナミックである一方で、身体や視覚・聴覚・触覚を研ぎ澄ます繊細さも要求される。点検技術者がメインタスクに極力集中できるようにするために、これらサブタスクが抱える問題点を改善・解決する必要がある。

7. 橋梁点検の技術者を支援する「道具」デザインへの示唆

本章では、前章で明らかにされた点検技術者の特徴や問題点をふまえ、橋梁点検の技術者を支援する新しい「道具」をつくるためのデザイン指針を検討する。

表 11 (a) で示した各特徴・問題点に対する改善・解決の指針とそれをふまえた解決案を、表 11 (b), (c) にそれぞれ示す。表 11 (b) (表 11 (b) の①~③が以降の①~③と対応) や表 7 を概観すると、橋梁点検の技術者を支援する新しい「道具」の主な要求事項は、

- ① 道具の取出・収納の頻度が低い（携行する道具の数を減らす、紐の数を減らす）、
- ② グローブを装着した状態でも容易に操作できる、
- ③ 定型的な行動パターンを認識し自動化する、

の 3 点といえる。ICT を利用しない場合、表 11 (c) の実施により、要求事項の①②はいくらかは満たされると考えられる。

表 11 点検技術者の特徴や問題点, 改善・解決の指針, 解決案

Table 11 Characteristics and difficulties of inspection engineers and solutions.

タスク	(a) 抽出された特徴や問題点	(b) 改善・解決の指針	(c) 解決案		
			ICTによらない解決案	ICTによる解決案 (現実案)	ICTによる解決案 (未来案)
メイン タスク	点検ハンマーの取出・収納に時間を要している (6.2節) <ul style="list-style-type: none"> 下半身に収納するため落下防止紐が長く、この紐が他の紐より絡みやすい ハンマーの柄の部分に紐が絡みやすい 取出の際、ハンマーの頭部分が幅の狭いホルダーに引っかかりやすい ホルダーの幅が狭くかつ下半身にあるため、しっかりと握れない・ハンマーをホルダーにしまえない 	点検ハンマーの取出・収納をできるだけ早く行えるようにする <ul style="list-style-type: none"> ハンマーに付けた紐が他の紐と絡まらないようにする ハンマーの柄に紐が他の紐と絡まらないようにする ハンマーの頭がホルダーに引っかかりないようにする しっかりと握なくてもハンマーをホルダーにしまえるようにする 	■点検ハンマーに付ける落下防止紐を巻き取り収納可能なリールタイプ (但し、ハンマーは重量があるため頑丈なもの) にする ■移動の妨げにならない範囲で、下半身のできるだけ上部位置にホルダーを付ける ■ホルダーの素材をゴムにしたり/面ファスナー (マジックテープ) を利用する (ホルダーの幅を一時的に拡張できる)		
	ライトあり目視の行動は、全体における時間占有率高かつ発生頻度も高い (6.1節)。このとき使用される道具はライトのみであり、点検技術者は「ライトを取り出し→点検箇所を目視する」という行動パターンをとることが多い (6.4節)。	ライトを手で把持しなくても (取り出さなくても) 点検箇所を照射でき、照射の方向や照射タイミングをコントロールできるようにする …①③			■点検技術者が目視を開始したら、腕の指示方向、頭部方向や視線方向の自動認識により、頭部に装着したライトの方向を容易にコントロールできるインタフェースを提供する
サブ タスク	記録に関わる 2 つの道具 (記入道具および調書)、特に記入道具の取出・収納の頻度が高い (6.2節) <ul style="list-style-type: none"> 点検技術者は、ペンを保持したまま他の行動をとることが多く、調書への記入の都度ペンの出し入れを行うことが多い 点検技術者は、調書への記入の途中で別のペン (別の色) に変更することがある 	記入道具の取出・収納の回数をできるだけ減らす <ul style="list-style-type: none"> 記入の都度記入道具を収納しなくていいようにする 同じ記入道具でいくつもの色に変更できるようにする …① 	■ペンホルダーを調書 (パインダー) に取り付ける (調書を取り出すことで同時にペンも取り出せる) ■多色ペンを利用する	■軽量なノートサイズのタブレットを用いて調書と記入道具を統合する (記入道具の取出・収納の行動がなくなる) ■タブレット上でペンアイコン (色や太さ) を容易に変更できるインタフェースを提供する	■出力媒体として検査路の壁を利用し、調書を壁に投影することで、調書を把持している手を解放する。解放された手を利用して、「指差す」「手を振る」といった手の動きで調書記入を行えるハンドジェスチャーユーザーインタフェースを提供する ■点検技術者の発話音声で自動的/半自動的に認識し、調書へデータを入力するインタフェースを提供する (橋梁の上部構造の振動により励起される騒音下でも適用可能な技術が必要)
	風により調書がはためくことで、点検技術者の円滑な行動を阻害している (6.5節)	調書として、風よりはるためきにくい紙、または、紙以外のものを用いる		■軽量なノートサイズのタブレットを利用し、紙の調書の代用とする	■出力媒体として検査路の壁を利用し、調書を壁に投影することで、紙の調書の代用とする
	調書記入は、時間占有率高かつ発生頻度も高い (6.1節)。特に、点検技術者は、「ペンの色を変更し→調書に記入する」という行動パターンをとることが多く、最も頻繁に行うのは、「撮影した画像を参照後→ペンの色を変更し→画像番号を調書に記入する」という行動パターンである (6.4節)。	調書に情報を入力する際、情報の種類についても、容易に同時に入力できるようにする。特に、撮影した画像の情報と調書の関連付けを容易にする。 …③	■ペンの色替えつまみ部分が大きいものを使用する ■ペン・色鉛筆の芯が多色ものを使用する (ペン自体を回転させるだけで色が変わるため、つまみ操作が不要)	■タブレット上で、ペンアイコン (色や太さ) を容易に変更できるインタフェースを提供する ■タブレット上で、調書にデータを入力する直前の行動 (特にカメラ画像を参照) に応じて、自動的/容易にペンの色を変更したり、スタンプを付与できるインタフェースを提供する ■カメラ機能の搭載されたタブレットを用い、画像情報 (画像そのもの、画像 ID) を調書上に容易に取り込めるインタフェースを提供する	■調書にデータを入力する直前の点検技術者の行動 (例:「撮影した画像を参照した」) を認識し、入力データにメタデータ (どのようなメタデータが必要かについての分析は今後の課題) を自動的/半自動的に付与するアノテーション機能を提供する
	調書記入は、時間占有率高かつ発生頻度も高い (6.1節)。特に、点検技術者は「現在位置→調書にどこまで点検が完了したかを記入する」という行動パターンをとることが多い (6.4節)。	点検中、現在位置 (どこまで点検が終了したか) が容易にわかるようにする …③	■橋梁内の検査路の 1 ブロック (橋脚から次の橋脚まで) ごとに、壁面等に大きく数字や記号をペイントする (一瞥しただけでわかる)		■点検技術者の現在位置を自動認識し、出力媒体 (壁など) 上に常に現在位置を表示する (GPS は、橋梁の上部構造内では位置情報を取得しにくく、また測位精度も低い。別の手段が必要)
カメラの取出および収納、特に取出に時間を要している (6.2節) <ul style="list-style-type: none"> 取出の際、グローブを装着した指でウェストポーチのファスナーのつまみを操作しにくい 取出の際、ウェストポーチに収納された複数の道具の中から、グローブを装着した指でカメラを探り出しにくい 取出の際、グローブを装着した指で、カメラの電源ボタンを押下しにくい 	カメラの取出・収納をできるだけ早く行えるようにする <ul style="list-style-type: none"> グローブを装着した状態でも、カメラを容易に取り出せるようにする グローブを装着した状態でも、カメラの電源を容易に入れられるようにする …② 	■ウェストポーチのファスナーのつまみを大きいものに交換する (つまみ操作を行いやすい) ■取っ手の把持でフタの開閉ができるバッグを利用する (つまみ操作が不要) ■カメラ専用の収納スペースを設ける (迷わずカメラを取り出せる) ■電源ボタンのサイズが大きいカメラを使用する	■カメラ機能の搭載されたタブレットを用いて、カメラ・調書・記入道具を統合的に利用できるインタフェースを提供する (カメラの取出および収納自体がなくなる) ■カメラ機能を起動するためのアイコンを大きくする	■頭部にカメラを装着し、「指差す」「手を振る」といった手の動きで、カメラ機能の起動や構図の調整を行えるハンドジェスチャーユーザーインタフェースを提供する。 ■カメラ機能が起動されたら、即座に構図の調整を行うインタフェースに遷移する ■ハンドジェスチャーにより構図が確定されたら、自動的に撮影し、その後撮影画像を出力媒体 (壁など) に表示するインタフェースを提供する	
撮影に関する一連の行動は、カメラの手动操作や特殊機能が使用されることは通常なく、極めて一般的かつ定型である。点検技術者は「カメラを取り出した後→ズームリングして構図を調整後→撮影し→撮影された画像を確認した後→カメラをしまう」という行動パターンをとることが多い (6.4節)。	カメラの手动操作や特殊機能の使用がないため、スマホなど簡易なカメラ機能で代用することにより道具の数を減らせないか検討する。その際、ズームリングのしやすさに考慮する。 …①②③		■タブレットに搭載されているカメラ機能で代用する (カメラの特殊機能が不要なため代用可能) ■タブレット上のカメラ機能を利用する際、容易にズームリングをコントロールできるインタフェースを提供する		

7.1 ICT による解決案 (現実案)

一方、ICT を利用する場合の現実的な解決案としては、表 11(c) より、タブレットを用いた記入道具、調書、カメラの 3 つの道具の統合が有力である。これら 3 つの道具は、それぞれの使用頻度も高く、かつ連続して使用されることが多いため 3 者間の結び付きも強い。このため、3 者からタブレットへの置き換えを行うだけで、道具の取出・収納の行動はかなり低減される (要求事項①) が期待される。タブレットのサイズは紙の調書で提示されていた情報を提示する必要があるため、ノートサイズが適している。タブレットの携帯方法は、出し入れ作業をなくすために収納せず、使用時は画板のように肩から紐でぶら下げて操作し、未使用時はボディバッグのようにショルダを短く斜めがけにして背中に密着させておくのが適当と考えられ

る。また、タブレット上での指によるタッチジェスチャーインタフェースをデザインする際、ウィジェットのサイズや配置に留意することで、グローブを装着した太い指による操作も可能となる (要求事項②)。

図 13 に現在試作中のタブレットタイプのプロトタイプの画面イメージを示す。左側の画面は、変状の登録・参照画面であるが、グローブを装着した指で操作するために各ウィジェットのサイズを大きくしている。また、変状の種類はある程度限定されていることが後の調査から明らかになったため、テキスト入力を前提とせず、候補群からの選択により変状の情報を入力するインタフェースになっている。右側の画面は、調書のメイン画面 (図 2 に相当) であるが、変状の種類によって異なるアイコンが、変状の存在した位置に表示されている。観察から過去の点検結果を参

照しそれと比較しながら点検を実施していることが分かったため、過去の調書の参照も可能にしている。

7.2 ICTによる解決案（未来案）

ICTを利用する場合の理想的な解決案は、表 11 (c) の各改善案（未来案）を端的に表現するならば、ハンズフリーインタフェースの実現といえる。図 14 に、現在試作中のハンズフリータイプのプロトタイプイメージを示す。

ハンズフリーインタフェースの入力側のインタフェースは、大きな身体動作を許容する非接触型のハンドジェスチャー入力や、そもそも手指や腕の操作を必要としない音声入力が適している。非接触型のハンドジェスチャー認識は、Kinect や Leap motion [31] 等の登場により、現在かなり一般化し認識精度も向上しているため実現可能性も低くない。音声認識技術は、比較的静かな環境下では実用レベルになってきたが、騒音環境下での認識精度は高くない。点検現場である橋梁は利用車両の通行による騒音があるため、ジェスチャー入力との併用が有効と考えられる。

ハンズフリーインタフェースの出力側のインタフェースとしては、壁面へのプロジェクションが有望である。橋梁の検査路内は壁・床といった広く平らな建材が至る所にあるかつ薄暗い。この環境条件を活かし、プロジェクタを用いて壁面に投影する手法が考えられる。プロジェクタは装置の小型化が進んでいるため、頭部等に装着することが可能である。



図 13 タブレットタイプのプロトタイプ画面イメージ

Fig. 13 Screen images of tablet-type prototype system.

小型プロジェクター 壁面へのプロジェクション



ヘッドセットマイク（音声認識） カメラ（ジェスチャー認識、変状箇所の撮影）

図 14 ハンズフリータイプのプロトタイプ UI イメージ

Fig. 14 Interaction image of hands-free prototype system.

また、表 11 (c) に示した定型的な行動の自動認識を行うことで、このハンズフリーインタフェースは技術者の行動に寄り添う「道具」となりうる。点検技術者の行動履歴を、機械学習を用いてパターン化することにより、画面の遷移や、選択肢の提示の順序や配置といったユーザーインタフェースをある程度最適化できる。表 11 (c) に示した、身体の動きをとまなう行動にとどまらず、調書に記録する変状の種別や部位の選択といった意思決定についても支援の可能性を探る必要がある。

以上が実現されれば、本節の冒頭で述べた 3 つの要求事項はある程度まで満たされることが期待される。

8. おわりに

本研究は、橋梁点検の技術者というユーザーグループの支援を目的とした「道具」の開発を目指している。本論文では、点検技術者が普段利用している「道具」とのインタラクションを見きわめることがより良い「道具」のデザインにつながると考え、橋梁現場の点検業務というコンテキストにおいて、点検技術者を直接的に観察した。そして、点検業務の最中に観察された技術者の種々の行動の発生頻度、行動の変遷、行動に遅延を生じさせる要因等を分析した。その結果、点検技術者はきわめて高負荷なマルチタスクを遂行しており、携行している道具やそれに付随する落下防止紐の数の多さや、グローブによる操作が目的とする行動の遅延や困難を招いていること、技術者の行動には特定のパターンが存在すること、等が明らかになった。それらをふまえ、点検技術者を支援する新しい「道具」をつくるためのデザイン指針を検討し、解決案を提案した。

現在は、本論文から得られた知見に基づき、橋梁点検の技術者を支援するシステムの設計と何種類かのプロトタイプを試作を行っている [32]。今後は、点検技術者からのフィードバックを得ながら、より適切なデザイン指針を見出し、最終的には、技術者の振舞いに相即した「道具」の開発を目指す。

また、本研究では詳細点検の中でも現場で行われる業務を調査対象としたが、点検技術者は現場での点検の後、事務所に戻り膨大な項目の点検結果をデータベースに手で登録している（図 15）。本論文が対象とした現場業務と

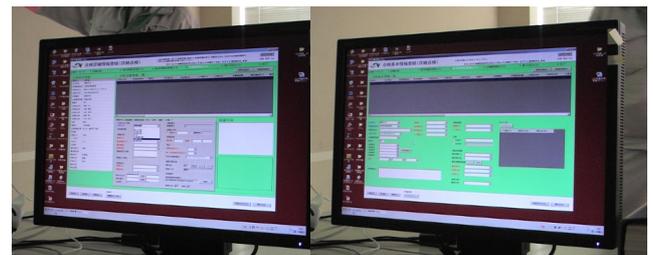


図 15 点検結果を登録する点検管理システム

Fig. 15 Inspection data management system.

データベースを連動させ、登録を自動化し点検技術者の負荷を軽減させるための環境の整備も不可欠である。

本研究が対象としている橋梁点検の技術者を含む移動や立位の多い業務は、物理的なリスク、心理的な状態、ダイナミックな状態を扱う点で、座位中心の業務とは本質的に異なる。本研究で得られた知見や基本的な考え方は、移動や立位の多い業務に従事するユーザーを支援するその他の研究にも適用できる可能性があると考えられる。さらには、マルチモーダルインタラクション、AR（オーグメンティッドリアリティ）、情報可視化等に携わる研究者やデザイナーにとっての、新しくかつユニークな挑戦の契機となることを期待する。

謝辞 本フィールド観察は、東日本高速道路株式会社関東支社および東京大学大学院情報学環による「行動観察手法を用いた点検業務の改善」に関する共同研究の一環として行われた。観察にご協力いただいた株式会社ネクスコ東日本エンジニアリングの点検技術者の皆様、ならびに関係各位の皆様に謝意を表す。

参考文献

- [1] 国土交通省：予防保全の取り組み，入手先
(<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1.1.pdf>).
- [2] 国土交通省：道路橋の予防保全に向けた提言 平成 20 年 5 月 16 日 道路橋の予防保全に向けた有識者会議，入手先
(<http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1.2.pdf>).
- [3] Black, A.: Visible Planning on paper and on screen: The impact of working medium on decision-making by novice graphic designers, *Behaviour and Information Technology*, Vol.9, No.4, pp.283-296 (1990).
- [4] 深澤直人：デザインが結ぶ環境と行為，デザインの生態学，東京書籍 (2004).
- [5] Birken, R., Schirner, G. and Wang, M., VOTERS: Design of a mobile multi-modal multi-sensor system, *Proc. ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (SensorKDD'12)*, pp.8-15 (2012).
- [6] Yu, T., Niezrecki, C. and Ansari, F.: Multi-modal Remote Sensing System for Transportation Infrastructure Inspection and Monitoring, *Proc. 25th International Conference on Industrial Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems (IEA/AIE)*, pp.95-103 (2012).
- [7] Lim, R.S., La, H.M., Shan, Z. and Sheng, W.: Developing a crack inspection robot for bridge maintenance, *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp.6288-6293 (2011).
- [8] Mazumdar, A. and Asada, H.H.: Mag-Foot: A steel bridge inspection robot, *Proc. 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2009)*, pp.1691-1696 (2009).
- [9] Wang, X., Dou, W., Chen, S.-E., Ribarsky, W. and Chang, R.: An Interactive Visual Analytics System for Bridge Management, *Computer Graphics Forum*, Vol.29, No.3, pp.1033-1042 (2010).
- [10] Pan, N., Wang, H., Yang, M. and Hsu, K.: Estimates of Bridge Girder Conditions Based on Fuzzy Inspection Data, *Proc. 2008 5th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2008)*, Vol.3, pp.537-540 (2008).
- [11] Pascoe, J., Ryan, N. and Morse, D.: Using While Moving: HCI Issues in Fieldwork Environments, *ACM Trans. Computer Human Interaction*, Vol.7, No.3, pp.417-437 (2000).
- [12] Brewster, S., Lumsden, J., Bell, M., Hall, M. and Tasker, S.: Multi-modal 'eyes free' interaction techniques for wearable devices, *Proc. ACM CHI 2003 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2003)*, *CHI Letters*, Vol.5, No.1, pp.473-480 (2003).
- [13] Walsh, J.A. and Thomas, B.H.: Visualising Environmental Corrosion in Outdoor Augmented Reality, *Proc. 12th Australasian User Interface Conference (AUIC 2011)*, pp.39-46 (2011).
- [14] 池本崇志，青山貴彦，中村秀明：スマートフォン (Android) を活用した橋梁点検支援システムの開発，第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 (FSS2012)，pp.554-559 (2012).
- [15] 高橋亨輔，古田 均，小山達郎：デジタルペンを用いた橋梁点検入力支援システムの構築，第 28 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 (FSS 2012)，pp.1211-1216 (2012).
- [16] Barrett, R., Kandogan, E., Maglio, P.P., Haber, E.M., Takayama, L.A. and Prabaker, M.: Field studies of computer system administrators: Analysis of system management tools and practices, *Proc. 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW 2004)*, pp.388-395 (2004).
- [17] Karvonen, H., Aaltonen, I., Wahlström, M., Salo, L., Savioja, P. and Norros, L.: Unraveling metro train driver's work: Challenges in automation concept, *Proc. 28th Annual European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE 2010)*, pp.233-240 (2010).
- [18] Lan, S.: Optimization of electric motor assembly operation with work study, *Proc. 2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management (ICLSIM 2010)*, pp.1101-1104 (2010).
- [19] Ahmed, Y., Benford, S. and Crabtree, A.: Digging in the crates: An ethnographic study of DJs' Work, *Proc. 2012 ACM Annual Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2012)*, pp.1805-1814 (2012).
- [20] Jiang, X., Hong, J.I., Takayama, L.A. and Landay, J.A.: Ubiquitous Computing for Firefighters: Field Studies and Prototypes of Large Displays for Incident Command, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2004)*, pp.679-686 (2004).
- [21] 新村 猛，赤松幹之，松波晴人，竹中 毅，大浦秀一：作業稼働率と品質向上の両立を目指したレストランの調理作業組み換えに関する研究，日本経営工学会論文誌，Vol.63, No.4, pp.258-266 (2013).
- [22] 松波晴人：行動観察によるサービス現場改善（飲食店，鉄道，ホテル），第 6 回日本感性工学会春季大会予稿集，21A-03 (2011).
- [23] 益田怜央，増田英孝，山田剛一：家電量販店における接客プロセスの分析，第 26 回人工知能学会全国大会論文集，3E1-R-6-8 (2012).
- [24] 東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社：保全点検要領 構造物編，高速道路総合技術研究所 (2012).
- [25] NEXCO 東日本の取り組み—みらいへ“つなぐ”高速道路—一点検・調査する（オンライン），入手先
(<http://www.e-nexco.co.jp/effort/future/inspection/>)
(参照 2013-10-17).

- [26] NEXCO 東日本：企業情報（オンライン），入手先
<http://www.e-nexco.co.jp/company/ceo_message/>（参照 2013-10-17）.
- [27] 中井 博，北田俊行：橋梁工学〈上〉—鋼・合成橋梁の設計実務をめざして，森北出版（1999）.
- [28] 中沢 潤，南 博文，大野木裕明：心理学マニュアル 観察法，北大路書房（1997）.
- [29] 泉 英明：生産工学，日刊工業新聞社（1994）.
- [30] 株式会社 IT サポート，OBSERVANT EYE（オンライン），入手先（<http://www.it-s4u.com/service/observanteye/>）（参照 2013-10-17）.
- [31] Leap Motion, Inc.: Leap Motion (online), available from
<<https://www.leapmotion.com/>> (accessed 2013-10-17).
- [32] アータノンパチャン，江本龍二，田中成俊，長谷川健，杉原祐介，市野順子，橋山智訓：行動観察に基づいた橋梁点検支援システムの設計，第 29 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集，pp.951-956（2013）.



市野 順子 （正会員）

1998 年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了。1998～2001 年大日本印刷（株）。2001～2006 年 TIS（株）。2003～2006 年（独）情報通信研究機構けいはんな情報通信融合研究センター自然言語グループ特別

研究員。2007 年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程了。2007～2014 年電気通信大学大学院情報システム学研究科助教。2010～2011 年カルガリー大学コンピュータサイエンス学部客員研究員。2014 年より香川大学工学部電子情報工学科准教授。協調活動・感性的活動の支援，ユーザーの認知・行動特性の理解に関する研究に従事。電子情報通信学会，ACM 各会員。博士（工学）。



橋山 智訓

1996 年名古屋大学大学院工学研究科博士課程修了。同年同大学院助手，名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科助教授を経て，2003 年より，電気通信大学大学院情報システム学研究科准教授，現在に至る。博士（工学）。

ソフトコンピューティング技術の HCI 応用研究に従事。



二宮 利江

1993 年慶應義塾大学理工学部管理工学科卒業。2000 年ロンドン大学精神医学研究所 PhD コース中途退学。1993 年トヨタ自動車株式会社生産技術部入社。1995 年慶應義塾大学三田学生相談室インターカー。2000 年茨城大学

教育学部技官。2001 年同助手。2006 年電気通信大学大学院情報システム学研究科助手。2007 年同助教。2009 年東京大学大学院情報学環特任研究員。専門家の暗黙知に関する研究に従事。土木学会会員。



市川 暢之

1995 年東京理科大学理工学部土木工学科卒業。同年日本道路公団（現，東日本高速道路（株））入社，現在に至る。2009～2011 年東京大学大学院情報学環特任講師。高速道路に関する技術開発に従事。



竹谷 昇二

1972 年五所川原農林高校土木科卒業。同年日本道路公団（現，東日本高速道路（株））入社。高速道路の計画・建設に従事。1994 年（株）ネクスコ東日本エンジニアリング入社。保全点検の効率化・技術開発・人材育成に従事。