

報告 市民によるコンクリート構造物点検の実行可能性調査

Feasibility study of concrete structures inspection by citizens

○二村 憲太郎*1・辻田 陽一郎*1・須長 真介*1・伊代田 岳史*2

Kentarō NIMURA, Yoichiro TSUJITA, Shinsuke SUNAGA and Takeshi IYODA

要旨： 笹子トンネルの天井板崩落事故以来，社会インフラへの安全・安心をもとめる意識が高まってはいるものの，その点検コストの増加や点検者の不足に対応できていない現状がある．この対策のひとつとして，市民の協働意識に期待し，近年一般的に普及しているスマートフォンやタブレット端末を活用した市民による簡易な構造物点検の可能性を調査した．

キーワード： 市民，協働，コンクリート構造物点検，スマートフォン，モチベーション

1. はじめに

市民との協働による構造物点検を事業として実現させるため，市民の参加意思やモチベーションの持続性，点検時における市民の選択傾向の把握を調査した．また，コストをかけない情報集約方法も併せて実験することにより実行可能性を調査した．

2. 調査概要

2.1 調査期間，対象および使用機器

本実験は2013年10月から2014年2月まで約4ヶ月間実施した．調査対象は土木工学系大学生（以下学生）および建設会社社員（以下会社社員）とし，点検者として自由意志のもと参加した．点検者数の内訳は表-1に示すとおりである．学生は学部1年生を主体とした．これは入学から1年未満の人員ならば土木系知識の習得が未成熟で一般の市民に近い感覚であることを期待したことによる．会社社員は技術系を主体とした．これは上記とは対称に，実際の点検従事者に近い感覚の人員を想定した．点検機器は撮影および通信機能を有するものとし，各人員が所有するスマートフォンを使用した．所持していない人員にはタブレット端末を貸与した．また，データ集積用サーバーを1台使用した．なお，実験にあたって事前にガイダンスを実施し，実験におけるトラブルは自己責任とした．

表-1 市民による点検調査人数 内訳

種別	参加人数	内訳	
学生	88	工学系大学 1年生	68
		工学系大学 2～3年生	9
		工学系大学 4年，修士	11
会社社員	27	建設会社 技術系	23
		建設会社 事務系	4
合計	115		

2.2 点検システム概要

市民による点検調査は図-1に示すシステムで実施した．以下に手順を示す．最初にこのシステムへアクセスするため管理者から点検者にEメールアドレスをガイダンス時に配布した．構造物を点検対象物と判断する閾値は，点検者が生活する中で構造物を見て感覚的に「危険である」や「気になる」と判断した場合とした（図-1の①に該当）．点検者はスマートフォン等端末で点検対象物を写真撮影する（②）．Eメールに写真データを添付して管理者へ送信する（③）．この写真は撮影位置の外観の分かる写真と症状に接近した写真とする．写真の画質は各点検者の所有する端末の性能にばらつきがあるため，概ね症状が判断できるものとして点検者の判断に任せた．なお，写真には位置情報（座標）を付与するよう希望した．送信された写真データは管理者のサーバーのEメール受信トレイに蓄積する（④）．同時に点検者に点検表を返信する（⑤）．この返信はEメール自動返信機能を利用した（⑥）．自動返信メールを各点検者が受信するまでの時間は概ね1分以内である．この点検表は同じ端末で使用でき，インターネット上でアンケート形式の回答をする（⑦）．

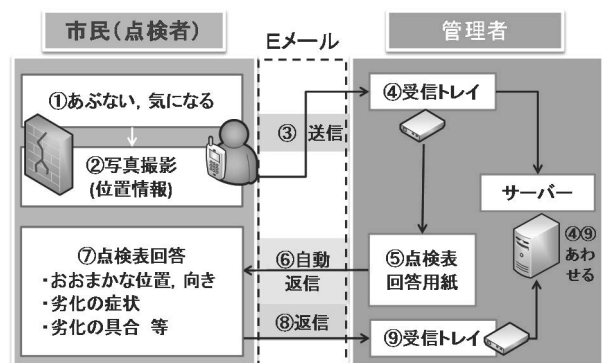


図-1 点検システム概要

*1 西武建設株式会社 土木事業部 技術部

Division of Civil Engineering (Technology group), SEIBU construction CO., LTD

*2 芝浦工業大学 工学部 土木工学科

Dept. Of Civil Engineering, Shibaura Institute of Technology

点検者はこの点検表に入力後再度返信する(⑧)。なお、このアンケート形式の点検表は無料で利用が可能である。返信された点検表と写真データを照合する(⑨)。この照合したデータは一般的に利用される表計算ソフトで管理する。データの照合作業は管理者がEメール受信時間とアンケート回答時間をもとに同じであると同定する。

2.3 点検表

このシステムで使った点検表を図-2に示す。点検は1)基本データ、2)点検場所、3)コンクリートの症状、4)劣化の具合、5)改善点・要望事項以上5項目とした。1)基本データに関しては、所属や学年など属性までとした。これは、匿名性をもたせることでより自由に点検し撮影することを期待したものである。2)点検場所に関しては、駅、橋梁、道路施設、公共建築物、その他の5項目とした。3)コンクリートの劣化症状に関しては、ひび割れ、はく落・浮き、鉄筋の露出、白華、その他の5項目とした。各劣化現象は用語が理解されないことが予想されたため、事例としてサンプル写真を添付した。4)劣化度合いに関しては、レベル1から5までの5段階とした。いずれも点検者が感覚的に記録してもらうよう注意書きを付した。ただし、ばらつきが大きく生じることが予想されたため各レベルのサンプル写真を添付した(写真-1)。これを目安に概ねどの程度に該当するのかを各点検者の判断基準とした。5)改善点・要望事項に関しては、システムの運

1)基本データ	
・所属, 学年, タブレット番号	
2)点検場所	3)コンクリートの症状
☐ 駅 ☐ 橋梁 ☐ 道路施設 ☐ 公共建築物 ☐ その他	☐ 名称 ☐ おおよその場所 ☐ 向き ☐ ひび割れ ☐ はく落, 浮き ☐ 鉄筋の露出 ☐ 白華 ☐ その他
4)劣化の具合	
☐ レベル5 壊れそうで不安, 建替えたほうがよい ☐ レベル4 かなりまずい. 早急に補修が必要 ☐ レベル3 今すぐ補修は必要ない. いずれ補修したほうがよい ☐ レベル2 補修するべきか判断に迷う ☐ レベル1 補修の必要はないが見た目が汚いから気になる ☐ その他	
5)改善点・要望事項 (自由記入)	

図-2 点検表記入フロー

用上の改善を図るための調査項目とした。なお、この点検表は、画面上の選択ボタンを触れることで入力し、概ね2~5分程度で完了することができる。



写真-1 サンプル写真 (レベル5)

3. 調査結果及び考察

3.1 点検数の比較

点検は220箇所実施され、このうち学生と会社社員の一人あたりの点検数を比較したグラフを図-3に示す。学生の点検箇所数は1箇所が大半を占めた。これに対し会社社員は点検箇所数が1箇所から11箇所以上まで幅広く分布した。このような分布を示した理由として、学生には実験への参加を促すため点検箇所数は1箇所以上と条件を設定したのに対し、会社社員には条件に明確な点検箇所数を付さなかったことが予想される。つまり学生の実験への参加意思に、点検を1箇所実施することがインセンティブとなったためであり、会社社員は点検箇所数以外のインセンティブにもとづいたものであったと考えられる。また、管理者が会社社員であり、学生とは異なる所属であったことから情報管理への信用性が相対的に低かったことも考えられる。ここで8~10箇所、11箇所以上と多数の点検をした会社社員が全体で8名(6%)存在した点に着目する。この人員へ多数点検した理由をヒアリングしたところ、「社会に貢献したいから」「面白かったから」「簡単だったから」といった回答が得られた。これらの人員はモチベーションが内発的(自ら目的を持って行動するタイプ)であり、何らかの外部からのインセンティブをもとにした行動では無かったと考えられる。

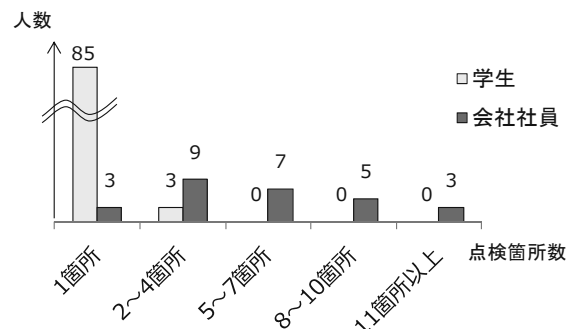


図-3 点検箇所数比較

3.2 点検場所の比較（全体）

点検場所は駅が 63 箇所(29%), 橋梁が 74 箇所(34%), 道路施設が 32 箇所(14%), 公共建築物が 16 箇所(7%), その他が 36 箇所(16%)であった。(図-4)

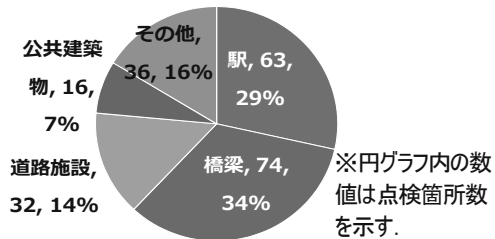


図-4 点検場所比較

学生と会社社員の点検場所の違いを比較したグラフをそれぞれ 図-5、図-6 に示す。駅施設の点検は学生が若干上回るが、橋梁の比率はどちらも 1/3 程度である。道路施設に関しては学生が多く公共建築物に関しては会社社員の割合が多かった。その他に含まれる点検場所の内訳を 表-2 に示す。擁壁の破損や一般住宅のコンクリート壁のひび割れが上位を占めた。また、鉄道高架橋を橋梁として認識しないでその他と分別したケースが 4 箇所あった。

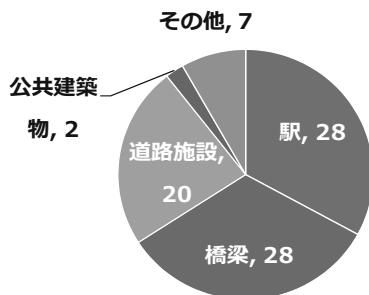


図-5 点検場所比較（学生）

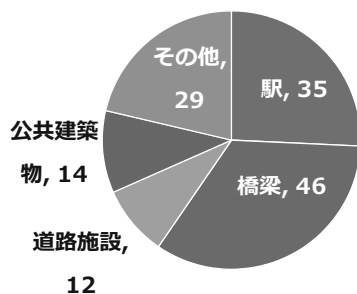


図-6 点検場所比較（会社社員）

表-2 「その他」の内訳

「その他」で多かった点検場所	
擁壁	7
一般住宅	6
鉄道高架橋	4
学校	3

(1) 点検場所の比較（駅）

駅の点検数は 63 箇所で点検した駅の総数は 52 駅であった。これは点検場所が多岐に及んだことを示す。この理由のひとつとして旅行や出張先で点検する人が多かったため分散したと考えられる。複数点検した駅では通学通勤で利用する駅が上位に位置した。(表-3)。また、東京駅や新宿駅、池袋駅といったターミナル駅は少なかった。これらの駅は混雑しているため足を止めての点検が困難であったためと考えられる。

表-3 駅の点検数

点検多数駅(上位)		備考	ターミナル駅点検数	
豊洲	4	学校最寄駅	池袋	1
東大宮	4	〃	新宿	0
秋津	4	会社最寄駅	東京	0

地上駅と地下駅の比較では、地上駅が 39 箇所、地下駅が 25 箇所であった。その内訳を 図-7 および 図-8 に示す。地上駅ではホームが 19 箇所、コンコース（改札出入り口前後の空間）が 10 箇所あった。天井の点検は 0 箇所であった。天井の点検が含まれなかった理由として、地上駅天井は折板などであることが多いためであると考えられる。一方、地下駅は天井の点検が最も多く 11 箇所あり、次にホームで 8 箇所と続く。この理由として、地下駅は天井がコンクリートのスラブ下面であることが多いからと考えられる。これらの結果から地上駅はコンコースからホームに至る移動範囲に点検者は注意を払う傾向を示すのに対し、地下駅では天井を含めた空間に注意を払うと考えられる。

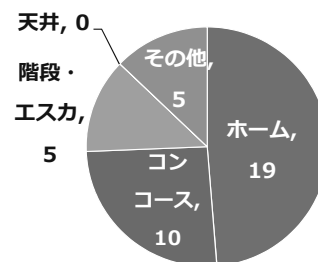


図-7 点検内訳（地上駅）

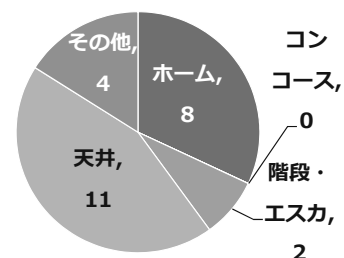


図-8 点検内訳（地下駅）

(2) 点検場所の比較（橋梁）

橋梁の点検は点検数が 75 箇所であった。内訳を図-9に示す。橋脚が 20 箇所、橋桁が 19 箇所、橋台が 18 箇所あり、この 3 項目で全体の約 3/4 を占めた。橋梁上面、高欄はそれぞれ 4 箇所、2 箇所と少なかった。また、その他の 7 箇所には、つり橋の主塔、電力柱の基礎などが点検されていた。

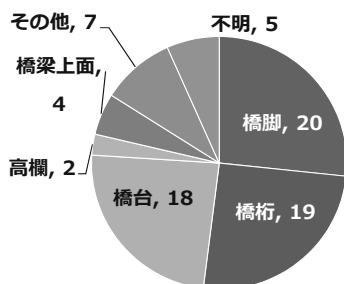


図-9 橋梁の点検内訳

橋梁の撮影向きに着目し比較した結果を図-10に示す。側方からの点検は 60 箇所あり、下方からの点検（見上げた姿勢で撮影）は 6 箇所であった。これは、河川橋を例とすると、橋梁下面を点検する場合は河川敷内へ立ち入る必要があるため、撮影が不可能もしくは困難であったと考えられる。下方から点検した 6 箇所の写真はいずれも跨道橋下面の状況であり、歩道から撮影されたものであった。

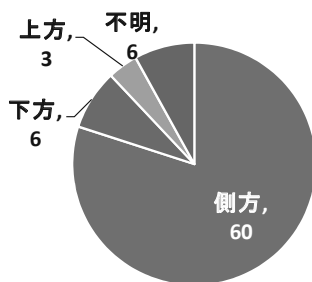


図-10 橋梁の点検向き内訳

(3) 点検場所の比較（道路施設）

道路の点検は点検数が 32 箇所であった。内訳を図-11に示す。擁壁が 13 箇所と大部分を占め、続いて小構造物と地下道が 5 箇所であった。また、トンネル覆工コンクリートの点検は 3 箇所と少なかった。これはトンネルの坑内は歩行が困難であるためと考えられる。その他には駐車場や道路の舗装（表層のひび割れを評価）が 3 箇所含まれていた。これはいずれも会社社員の事務系が撮影したもので、ヒアリングした結果、アスファルトとコンクリートの違いを理解していないことが分かった。

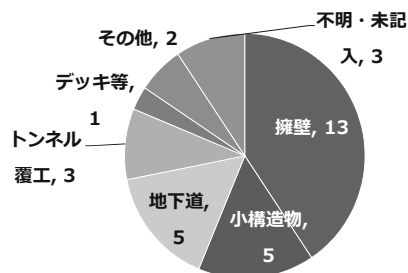


図-11 道路の点検内訳

(4) 点検場所の比較（公共建築物）

公共建築物の点検は 16 箇所であった。図-12にその内訳を示す。そのうち外壁が 9 箇所と半数以上を占めた。集まった写真データを分析すると打放しコンクリート壁に生じたひび割れが 4 箇所、タイルの亀裂と剥落が 4 箇所であった。タイルに関してはいずれも会社社員の点検であった。また、老朽化した公共建築物の内部の梁のひび割れが 2 箇所であった。

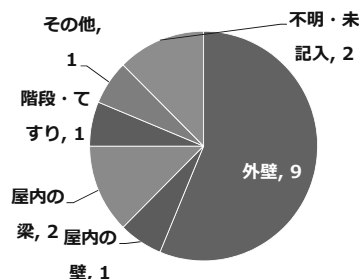


図-12 公共建築物の点検内訳

(5) 点検場所の比較（その他）

その他に分類された点検箇所数は 36 箇所あった。図-13にその点検内訳を示す。このうち擁壁がもっとも多く 10 箇所であった。また、道路に面した一般住宅の壁も点検対象として 9 箇所点検された。擁壁に関しては、前述の(3)点検場所の比較（道路施設）にも項目として含まれており、点検者を困惑させる結果となった。点検場所の比較（その他）に分類された擁壁には鉄道橋台両脇の翼壁が含まれていた。今後擁壁の分類には工夫が必要である。点検者は分類が困難な項目を点検場所の比較（その他）に入力するため、さまざまな点検箇所が確認された。この項目の多様性が市民の点検活動の特長とも考えられる。

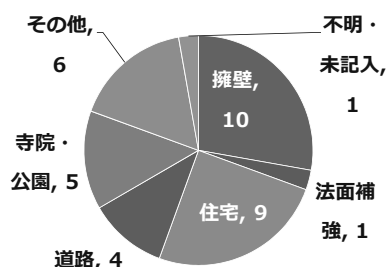


図-13 その他の点検内訳

3.3 劣化症状と劣化レベルの比較

全体で劣化症状を分類し点検数を比較したグラフを図-14に示す。コンクリートのひび割れが146箇所と最も多く、続いてはく落・浮き33箇所、白華30箇所、鉄筋の露出26箇所であった。この3項目はほぼ同等の値となっている。次に劣化レベルを比較したグラフを図-15に示す。学生はレベル1,2と低いレベルの選択が多くなる。また、白華現象を劣化症状として着目し点検した会社社員と学生の割合を表-4に示す。会社社員が11%であるのに対し学生の割合は19%に上昇する。これらから学生は発見が比較的容易で、軽度な症状も選択する傾向にあると考えられる。参考として学生が撮影した代表的な白華現象を写真-2に示す。

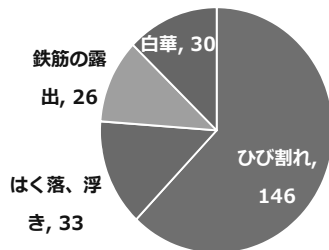


図-14 症状比較（全体）

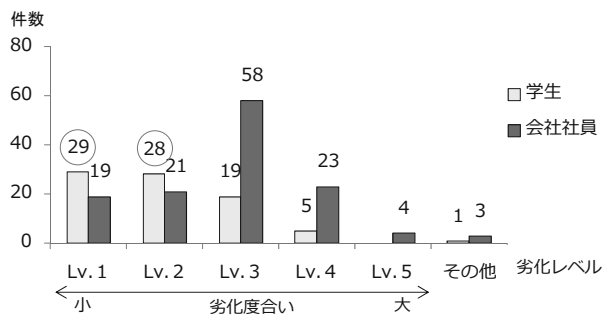


図-15 劣化レベル件数比較

表-4 白華現象への注目度比較

	全体	学生	会社社員
点検数	30	19	11
全体からの割合	13%	19%	8%

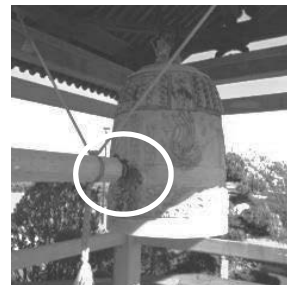


写真-2 学生による点検写真（白華現象）

劣化レベル5と診断された症状は全体で4箇所と少数であった。しかし視点を変えると約100人の点検者が4ヶ月のうちに4箇所「壊れそうで不安」と判断する構造物が存在したことも市民による点検に意義があると考えられる。得られた事例2点を、写真3,4に示す。



写真-3 レベル5診断写真①



写真は吊り鐘と柱木（しゅもく）にずれが生じている状況を示す。吊り鐘を吊る支柱基礎コンクリートの圧壊による吊り鐘落下の危険性を指摘した。後日改修工事が施された。

写真-4 レベル5診断写真②

3.4 本点検システム運用により判明した事象

添付された写真は354枚であった。そのうち写真の画質が小さく判別が困難なケースがあったことから画質は640×480程度必要である。また、手ぶれによる判明不能となった写真が14枚あった。これは撮影が構造物の下部など比較的暗所が多いため露光時間が長くなり手ぶれが生じたと考えられる。管理者のサーバーおよび点検者の所有する端末に送られたEメールが不正なEメール（迷惑メール）として処理されてしまった事例が3箇所あった。サーバーは一般的に使用されているパソコンと同程度のスペックのものを使用したが、容量や処理速度などに問題はなかった。管理者の定常作業は1日に15分程度、Eメールと写真データの照合くらいであるため、負担は小さかった。事後アンケートの結果上位5項目のうち2項目がシステム上の改善点であった。事後アンケート結果を表-5に示す。

表-5 アンケートへの回答と件数（上位5項目）

No.	アンケート記載事項	回答数 (類似含む)
1	人ごみの中で撮影するのが恥ずかしかった	9
2	構造物の選択肢に「擁壁」もあってよいのでは	7
③	撮影した写真を見ながら点検アンケートに答えられないか	7
4	盗撮と勘違いされるおそれがありそう	6
⑤	写真の添付と同時にアンケートデータも送れないか	6

4. 結語

4.1 市民の継続的点検活動の実行性

一般の市民に構造物の点検を継続的に協力してもらう場合、何らかのインセンティブを与える必要がある。ただし、本実験では 6%程度と少数ながら内発的モチベーションにより活動をする人も存在した。このモチベーションの高い市民をキーパーソンとして協力を得ることができるかが市民による点検の実行の成否につながると考えられる。

4.2 市民が選ぶ点検場所の傾向

市民は駅や橋梁の劣化に関心を寄せる傾向が強い。また、旅行や出張先で訪れた駅を多数選んでいることから、利用者の少ない駅や橋梁への適用も有効である。ただし日ごろ点検者が利用する駅に関しては点検数が最大で 4 箇所と少なかった。これは事後アンケートの回答に、公衆の前でスマートフォンを使用して構造物を撮影する姿に抵抗がある、といった意見が複数あったことから利用者の多い地域や自分の住む地域で撮影を控えたと考えられる（前掲 表-5）。これらは個人から集団を形成しての点検活動とした場合、抵抗感を払拭する可能性は高い。3 番目に点検数が多かった道路施設では、会社社員より学生のほうが点検箇所数は多い。このことから、劣化現象の発見が比較的容易であり、市民の点検活動の初歩として有効であると考ええる。

4.3 市民の点検に有効な点検項目

市民はコンクリートのひび割れといった一般的な劣化症状の点検に加え、白華など軽度ではあるが目視で分かりやすい現象にも着目する。このことから、点検項目に白華現象を加えることで構造物の見栄えの評価への活用も有効であると同時に、今後技術者は市民が白華現象を問題視する可能性があることを意識した点検や、公衆が多く利用する構造物に対して補修や清掃も検討する必要があると考える。

4.4 市民により撮影された写真データを点検データとして活用する可能性

本実験で集積した写真データを利用しコンクリート診断士 4 名による劣化診断を実施した。市民とコンクリート診断士の診断結果にどのくらいの差異が生じるのかを計る目的であったが、各コンクリート診断士の診断結果にばらつきが多く、結果としてまとめるに至らなかった。これは本実験で撮影された写真では実物と違い撮影者の個性や先入観、画質の違いなどが含まれるためと考える。また、コンクリート診断士の見解としてこの写真データからは安易に診断結果を下すことを許さないという技術者としての判断も働いた。現時点では市民による写真データを真の点検データとしての活用は困難であると考ええる。

4.5 システム上の課題と解決の素案

(1) 個人情報および位置情報の管理

本実験の個人情報の管理は点検者に事前の了解のもと管理者責任において実施した。個人情報としては、E メールアドレスと被写体に写り込んだ肖像権が挙げられ、この個人情報は人為的利用やコンピュータウィルスによる拡散が漏洩リスクとなる。これらに対しては 2 重チェック体制やウィルス対策などの情報管理が必要となる。また、撮影時の位置情報はパーソナルデータに分類されるが点検者は個人情報と捉える場合がある。今回の実験では、位置情報の付与は各点検者の意思に基づくものとした。位置情報を付与した点検者数を 表-6 に示す。学生のほうが位置の特定を嫌う傾向にあるが、会社社員は端末を使い慣れていないため比較的にテラシーが低いことから位置情報の付与を許す結果につながっている懸念もある。今後管理者の信頼性ととともに、情報リテラシーの向上を含めた事前のガイダンスの開催が点検活動前に必要である。

表-6 位置情報の付与数

	全体	学生	会社社員
位置情報あり	178	42	136
位置情報なし	44	42	2
位置情報ありの比率	80.2%	50.0%	98.6%

(2) 撮影位置の正確性

位置情報は、人工衛星が発する信号を受信し、位置を特定するシステムであるため、上空が構造物により遮蔽される場所では、数～数 10m のズレが生じる。このズレの問題が技術的に解決されるまでは周辺および外観などの写真情報の付加および具体的な地名などを入力するなど位置を再現する手順が必要となる。

4.6 将来性

本実験は一般に普及している E メールやスマートフォンを活用して市民による構造物の調査が可能であることを確認した。ローコストでありながら工夫次第で十分調査が可能であることを示したことで、財政のきびしい自治体やインフラ事業者への活用が期待される。また、この点検活動を通じて市民の協働意識の醸成やコミュニティの形成の一助にもつながり副次的効果も大きいと考える。さらに別の活用方法としては、ほぼ全国一律に普及しているシステムを利用することからビッグデータとして収集し、市民の地域性やその地域特有の劣化の傾向などを把握できる可能性もある。

参考文献

- 1) 内閣官房 IT 総合戦略室：パーソナルデータの利活用に関する制度改正に係る法律案の骨子(案)、第 13 回 パーソナルデータに関する検討会議事次第, 2014.12