

第 10 章

関連研究

公共施設等の維持管理・更新・マネジメント (その 1)
公共施設等の状況把握とその特徴 ～諫早市の事例～

松田浩*・安武敦子*・森田千尋***・佐藤吉宏****・稲田裕*****

Maintenance, Renovation and Management of Public Facility etc. (part I)
Understanding and its features of the current state of public facilities, etc.
～ Case of Ishahaya City ～

by
Hiroshi MATSUDA*, Atsuko YASUTAKE*, Chihiro MORITA**, Yoshihiro SATO***
and Hiroshi INADA****

In Japan, the aging of public facilities constructed during the period of high economic growth is progressing. While huge renewal investment is anticipated in the future, in addition to the reduction in tax revenues, the increase in assistance expenses etc. is expected to rise rapidly and there is concern that renewal and repair expenses will be secured. Furthermore, it is necessary to deal with the falling birthrate and the aging population and corresponding changes in the facility functions required.

In response to these challenges, it was urgent to introduce "public facility management", which is a mechanism for comprehensively grasping the public facilities they possess and managing and borrowing them in conjunction with fiscal management.

In this paper, in developing comprehensive management plan of Ishahaya City, we first examined the current situation analysis and its characteristics in order to grasp the situation of public facilities etc. in Ishahaya city.

Key word: public facility, maintenance, renovation, management, current state analysis

1. はじめに

わが国では、高度経済成長期の人口急増に伴って集中投資された公共施設等の老朽化が進み、施設の更新需要が高まっている。今後巨額の更新投資負担が集中して発生することが予想される中、税収減に加えて扶助費等の増大が見込まれ、更新・修繕費用の確保が懸念される。さらには、公共施設のあり方として、少子高齢化による人口構成の変化及びそれに伴って求められる施設機能の変化への対応等が必要である。こうした課題への対応として、社会環境の変化や地域特性に応じた適切な公共サービスの提供と安定し

た財政運営を両立させるために、保有する公共施設を総合的に把握し、財政運営と連動させながら管理・借入する仕組みである「公共施設マネジメント」を導入することが急務となった。

このような背景により、平成 26 年 4 月、総務大臣から地方公共団体に対し「公共施設等総合管理計画」(以下、「総合管理計画」という。)の策定が要請された。総合管理計画とは、地方公共団体が所有する公共施設等の全体の状況を把握し、当該地方公共団体を取り巻く現状及び将来の見通しを分析し、これを踏まえた公共施設等の管理の基本的な方針を定めることを

平成****年**月**日受理
* ** 部門 (Division of****)
** ** 部門 (Division of****)
*** 部門 (Division of*****)
**** 部門 (Division of*****)

10.1 公共施設等の維持管理・更新・マネジメント (その 1)

松田浩・安武敦子・森田千尋・佐藤吉宏・稲田裕

内容とする計画である。
本稿では、諫早市の総合管理計画の策定にあたって、まず、諫早市における公共施設等の状況把握に関する現状分析とその特徴について検討した。

2. 諫早市における公共施設等の概況

諫早市における公共施設白書作成にあたって、公共施設、人口、財政の視点で現状を精査し、情報を整理した。

2.1 公共施設

表 1 及び図 1 に諫早市における公共施設の現状を示す。平成 27 年 3 月末現在で市が所有する公共施設の建物床面積は約 56.5 万㎡であり、その約 4 割を学校教育系施設が占めている。

図 2 に諫早市における公共施設の耐震化の状況について示す。同図において、(a)は耐震基準改正前後の割合

合、(b)は旧耐震基準施設の耐震化状況を示したものである。各施設について耐震化の状況を見ると、昭和 56 年の耐震基準改正の前後に整備された施設面積の割合を比較すると、全公共施設の 36%が旧耐震基準に基づき建設され、そのうち約 42% (約 8.5 万㎡、全体の 15%) はまだ耐震化改修などがされていない施設である。

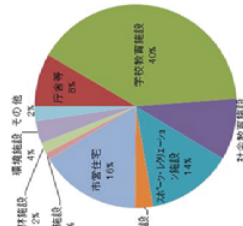


図 1 諫早市における公共施設の現状

表 1 諫早市公共施設の現状

分類	公共施設		割合
	施設数	延床面積	
庁舎等	95	47,601.62	8.42%
学校教育施設	52	228,363.68	40.40%
社会教育施設	32	55,181.41	9.76%
スポーツ・レクリエーション施設	50	77,344.28	13.68%
福祉施設	30	16,280.85	2.88%
市営住宅	50	91,417.08	16.17%
商工施設	5	5,956.07	1.05%
農林施設	29	9,898.23	1.75%
環境施設	54	20,087.35	3.55%
その他	223	13,219.91	2.34%
計	620	565,330.48	100.00%

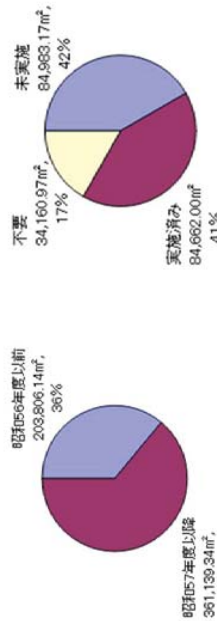


図 2 諫早市における公共施設の耐震化の状況

(a) 旧耐震基準施設の耐震化状況

(b) 耐震基準改正前後の割合

公共施設等の維持管理・更新・マネジメント (その1)
公共施設等の情報把握とその特徴 ～諫早市の事例～

寿命化計画を策定し、計画的な改良を実施している。

3. 諫早市における公共施設等の特徴

諫早市における公共施設の特徴を把握するため、他の都市の状況等も踏まえ、情報を整理する。ここでは、同規模と考えられる九州圏中都市とその平均、及び全国中都市平均との比較を行い、市の独自性の把握を行った(大都市、中核市及び例市以外の都市のうち人口10万人以上の市)。比較対象とした九州圏中都市の基本データを表5に示す。

3.1 公共施設

図7に九州圏中都市における人口1人当たりの延床面積を示す。人口1人当たりの延床面積を見ると、諫早市では3.89㎡/人となっている。これは、県内10市の平均値より低く、全国的な人口同規模の合併自治体の平均値と近い水準の数値である。

図8に九州圏中都市における用途別の建築物保有量を示す。建築物を3つの用途(小中学校、市営住宅、その他)に分けて保有量をみると、諫早市はその他の

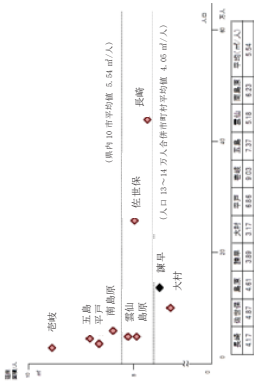


図7 公共施設の人口1人当たり延床面積

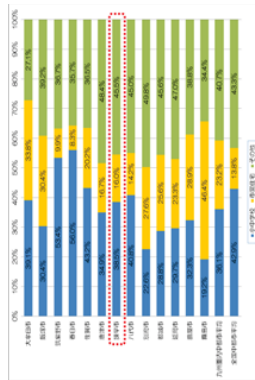


図8 用途別の建築物保有量
出典：公共施設状況調査(2012年データ)より作成

建築物の割合が若干多いことが分かる。次に小中学校が多く、市営住宅が最も少ない。こうした傾向は、他の市と比較して大きな違いがあるものではない。

次に、九州圏中都市における1人当たりの建築物延床面積を表6に示す。同表より、諫早市における1人当たりの建築物延床面積は4.02㎡/人となっている。九州内の他都市と比べて特に大きいものではないが、全国の中都市平均が3.21㎡/人であることと比較すると、九州圏内の同規模都市は、総じて全国よりも一人当たりの建築物延床面積が大きい傾向にあるといえる。諫早市は合併自治体であり、旧市町の庁舎が支所・出張所となっている。そのため、諫早市の支所・出張所は20箇所あり、九州圏内の同規模と市との比較では、最も多いことが見て取れる。また、全国中都市平均と比べても多いと言える。

九州圏中都市における支所・出張所の状況を表7に示す。延床面積で見ると、人口千人当たりの面積の比較では多い方から6番目の大きさであり、九州圏内中都市平均と比べても、施設過剰の度合いが著しく高いわけではない。規模の小さな支所・出張所が多いことが、もう一つの特徴と言える。

表6 建築物延床面積

市町村	延床面積(㎡)	人口千人当たり延床面積(㎡)	人口千人当たり延床面積(㎡)
大牟田市	18,311	3,060	3,060
熊本市	18,311	3,060	3,060
佐賀市	18,311	3,060	3,060
福岡市	18,311	3,060	3,060
八幡市	18,311	3,060	3,060
大分市	18,311	3,060	3,060
宮崎市	18,311	3,060	3,060
鹿児島市	18,311	3,060	3,060
中都市平均	20,370	154,242	254,350
全国平均	20,370	78,662	219,941

出典：公共施設状況調査(2012年データ)より作成

表7 支所・出張所の状況

支所・出張所	人口千人当たり延床面積(㎡)	人口千人当たり延床面積(㎡)	人口千人当たり延床面積(㎡)
大牟田市	3.06	4.05	3.33
熊本市	3.06	4.05	3.33
佐賀市	3.06	4.05	3.33
福岡市	3.06	4.05	3.33
八幡市	3.06	4.05	3.33
大分市	3.06	4.05	3.33
宮崎市	3.06	4.05	3.33
鹿児島市	3.06	4.05	3.33
中都市平均	3.06	4.05	3.33
全国平均	3.06	4.05	3.33

出典：公共施設状況調査(2012年データ)より作成

松田浩・安武敦子・森田千壽・佐藤吉宏・稲田裕

九州圏中都市における医療機関の状況を表8に示す。また、九州圏中都市における道路延長・面積を表9及び図10に示す。一人当たり道路延長・面積で見ると、諫早市の人口当たり道路延長合計は18.56m/人であり、九州圏内中都市平均(13.02m/人)や全国中都市平均(7.83m/人)と比較すると大きな値となっている。一方、人口当たり道路面積は52.27㎡/人であり、全国中都市平均(41.19㎡/人)よりは大きいものの、九州圏内中都市平均(58.96㎡/人)を下回っている。以上から、比較的道幅の狭い道路が多く整備されている状況が見て取れる。 ※以上、農道及び林道を除く。

3.2 インフラ施設

九州圏中都市における道路の内訳状況を図9に示す。まず道路では、道路(国・県・市道)、農道、林道に分けられる。諫早市では道路(国・県・市道)の割合が比較的小さいことが特徴である。九州圏内の中都市のなかでも3番目に小さく、一方、農道の割合は鹿屋市に次いで2番目に大きくくなっている。

表8 医療機関(病院や診療所等)の状況

市町村	市町村立以外の施設	市町村立	診療所	診療所	人口千人当たり診療所数	人口千人当たり診療所数	人口千人当たり診療所数	人口千人当たり診療所数
大牟田市	-	1	24	36.15	216	1.75	451	3.45
熊本市	1	250	2	2,650	20,151	1.60	408	3.10
佐賀市	-	-	11	1,570	15,671	1.24	161	1.01
福岡市	-	-	-	921	9,091	1.18	232	2.22
佐賀市	1	98	3	4,194	17,661	1.56	965	4.06
熊本市	1	56	9	2,078	16,371	1.19	339	2.67
佐賀市	-	-	20	3,345	23,771	1.48	764	5.43
八代市	1	96	3	12	0.09	2,354	17,801	1.42
別府市	-	-	26	3,865	30,831	1.00	751	5.99
福岡市	-	6	27	3,314	19,541	1.07	713	4.20
延岡市	-	3	16	2,249	17,141	1.07	342	2.61
熊本市	-	1	19	2,595	24,701	1.20	477	4.54
鹿児島市	1	254	4	16	0.13	2,404	18,861	0.75
九州圏内中都市平均	1.0	150.8	3.6	6.0	17.9	0.13	2,732.8	20,591
全国平均	1.2	383.4	2.8	17.9	9.8	0.06	1,790.6	11.6

出典：公共施設状況調査(2012年データ)より作成

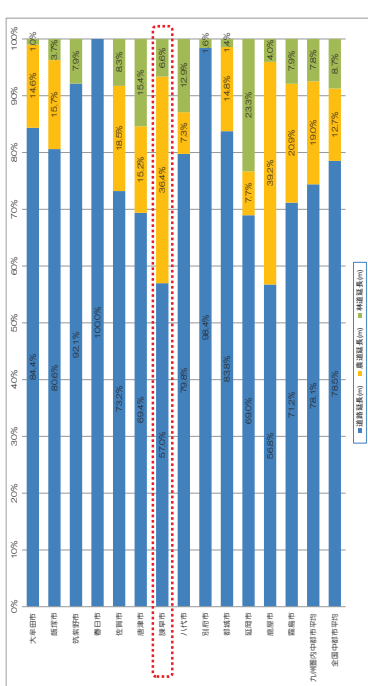


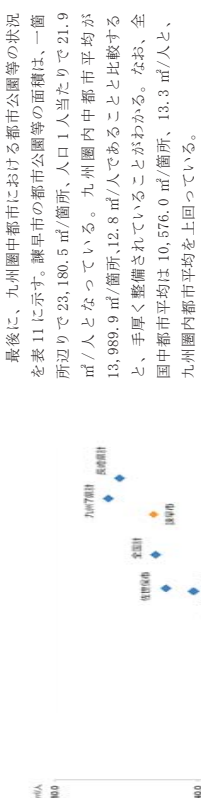
図9 道路の内訳
出典：公共施設状況調査(2012年データ)より作成

公共施設等の維持管理・更新・マネジメント（その1）
公共施設等の情報把握とその特徴 ～諫早市の事例～

表 10 に九州圏内都市における国道と県道と市道の
内訳を示す。国道、県道及び市道の内訳を見ると、諫
早市は比較的国道の割合が高く、その一方で主要地方
道と一般県道からなる県道の割合が低い。特に、主要
地方道の割合が低い特徴がある。

また、人口1人当たりの道路延長・面積を他の自治
体と比較すると、長崎県や九州7県の平均よりは小さ
いものの、県内主要都市よりは大きく、ほぼ全国平均
と同じ水準にある。

道路延長とは、総延長から重用延長、未供用延長
及び廃止延長を除いた延長をいう。ここでは、次に掲
げる道路区分、高速自動車国道、一般国道、主要地方
道、一般都道府県道及び市町村道により、その総数及



4. あとがき

本報告では地方公共団体における「公共施設等総
合管理計画」を策定のための資料として、まず、諫
早市を事例として、公共施設等の現状を把握すると
ともに、九州圏内都市の公共施設等との比較を行い、
諫早市における公共施設等に関する情報を整理し
た。

表 9 道路延長面積

	道路延長 (m)	農道延長 (m)	林道延長 (m)	道路延長 (m)	人口当り 道路延長合計 (m/人)	道路面積※ (㎡)	人口当り 道路面積 (㎡/人)
大牟田市	589,370	102,330	6,995	698,695	5.65	3,757,973	30.39
飯塚市	1,028,451	199,848	47,562	1,275,861	9.7	6,264,460	47.64
筑紫野市	482,782	—	41,151	523,933	5.23	3,081,146	30.76
春日市	250,645	—	—	250,645	2.35	1,676,626	15.7
佐賀市	1,712,594	433,266	193,446	2,339,306	9.85	11,608,197	48.88
諫早市	1,322,638	842,685	355,738	2,520,061	16.56	9,359,436	59.27
八代市	1,660,783	152,962	268,491	2,082,236	15.74	9,939,586	75.15
那珂市	638,393	10,253	646,646	1,295,292	5.16	3,518,997	28.07
那珂市	3,247,690	574,931	55,198	3,877,819	22.86	19,535,168	115.18
延岡市	1,415,040	158,534	478,588	2,052,162	15.64	9,337,532	71.18
藤島市	1,424,183	983,860	101,525	2,509,568	23.88	10,126,344	96.38
藤島市	1,606,264	472,297	178,199	2,256,760	17.7	9,191,113	72.09
九州圏内 中都市平均	1,292,678	423,837	154,299	1,761,137	13.02	7,974,256	58.96
全国 中都市平均	1,037,764	174,099	104,243	1,208,178	7.83	6,354,536	41.19

出典：平成 22 年国勢調査、公共施設状況調（2012 年データ）より作成

表 10 国道／県道／市道の内訳

	道路延長 (k.m.)	道路延長 (一般国道)	割合 (%)	道路延長 (主要地方道)	割合 (%)	道路延長 (一般都道府県道)	割合 (%)	道路延長 (市町村道)	割合 (%)
大牟田市	673.70	11.60	3.2%	39.40	5.8%	23.60	3.5%	622.10	92.5%
飯塚市	1,215.60	79.80	6.6%	4.0%	0.3%	59.80	4.9%	1,072.00	88.2%
筑紫野市	577.10	22.70	3.9%	45.90	8.0%	26.10	4.5%	483.30	83.6%
春日市	2,074.20	113.70	5.5%	140.90	6.8%	124.00	6.0%	1,605.60	77.7%
佐賀市	1,787.70	123.20	6.9%	84.10	4.7%	166.80	9.3%	1,413.60	79.1%
諫早市	2,932.50	99.10	4.9%	101.20	5.0%	172.80	8.5%	1,659.30	81.6%
八代市	2,502.60	22.40	3.8%	33.60	4.6%	33.60	4.6%	2,413.00	96.0%
那珂市	3,565.40	155.10	4.4%	111.90	3.1%	78.40	2.2%	3,225.00	90.3%
延岡市	1,766.70	90.70	5.1%	92.20	5.2%	92.20	5.2%	1,482.30	83.4%
藤島市	1,974.50	116.50	5.9%	99.40	4.7%	159.20	8.1%	1,605.40	81.4%
九州圏内 中都市平均	1,525.88	79.80	4.8%	67.86	4.7%	87.83	5.6%	1,200.37	78.9%
全国 中都市平均	1,187.90	44.66	3.8%	48.84	4.1%	60.95	5.1%	1,033.46	87.0%

	道路延長 (k.m.)	道路延長 (一般国道)	割合 (%)	道路延長 (主要地方道)	割合 (%)	道路延長 (一般都道府県道)	割合 (%)	道路延長 (市町村道)	割合 (%)
大牟田市	1,137.60	21.60	3.3%	39.40	6.1%	23.60	4.0%	653.00	56.4%
飯塚市	1,137.60	79.80	7.0%	47.10	4.1%	59.80	5.3%	950.90	83.6%
春日市	2,068.10	0.30	0.1%	45.90	8.4%	26.10	4.7%	1,996.80	96.8%
佐賀市	2,925.20	137.20	7.6%	140.90	4.8%	124.00	9.5%	2,543.10	86.9%
諫早市	1,461.60	92.50	6.3%	24.80	1.7%	60.30	4.1%	1,284.00	87.9%
八代市	1,804.40	99.10	5.5%	100.60	5.6%	162.30	9.0%	1,442.40	79.9%
那珂市	2,937.30	27.40	4.6%	33.60	5.7%	33.60	5.7%	2,602.70	88.1%
延岡市	1,655.60	127.60	8.3%	150.30	9.1%	128.40	8.4%	1,296.90	78.3%
藤島市	1,687.40	90.70	5.7%	99.20	6.2%	91.60	5.8%	1,506.50	89.3%
九州圏内 中都市平均	1,869.80	116.50	6.2%	92.40	4.9%	159.20	8.5%	1,501.10	80.3%
全国 中都市平均	1,391.67	79.80	5.2%	67.66	5.0%	86.68	6.0%	1,167.51	83.8%
全国 中都市平均	990.34	44.34	4.5%	48.20	4.9%	56.53	5.9%	839.27	84.7%

出典：総務省統計局「地域別統計データベース」より作成

表 11 都市公園等の状況

	都市公園等 (k.m.)	その他の公園 (都市計画区域外)	合計	1人当り 面積	1人当り 面積	1人当り 面積
大牟田市	237	1,220,963	1,221,200	10.0	10.0	10.0
飯塚市	62	1,283,234	1,283,296	63	1,220,963	10.0
筑紫野市	177	971,130	1,148,267	190	991,960	10.0
春日市	197	637,933	835,130	198	937,933	10.0
佐賀市	204	906,949	1,111,153	250	1,151,611	10.0
諫早市	81	1,708,969	1,789,970	133	3,083,008	10.0
八代市	80	728,000	808,000	86	990,980	10.0
那珂市	140	852,341	992,341	140	852,341	10.0
延岡市	131	3,286,401	3,417,501	131	3,286,401	10.0
藤島市	105	1,574,300	1,679,300	105	1,574,300	10.0
九州圏内 中都市平均	134	1,317,679	1,451,679	134	1,317,679	10.0
全国 中都市平均	176	1,301,451	1,477,451	176	1,301,451	10.0

出典：公共施設状況調（2012 年データ）より作成

謝辞

本事業は平成 26 年度の諫早市からの委託事業とし
て実施したものである。諫早市の職員はじめ日本経済
研究所、政策投資銀行の方々には多くの資料等を作成
していただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 松田浩、平成 27 年公民連携調査研究最終報告
(諫早市)、2015. 3
- 2) 平成 27 年度公民連携調査研究報告書、一般財
団法人地域総合整備会 図 1 財政状況、
2015. 3
- 3) 平成 27 年度諫早市公共施設利用総合管理基本計
画策定業務委託報告書、国立大学法人長崎大学、
2016. 3
- 4) 諫早市道路台帳
- 5) 諫早市橋梁長寿命化修繕計画
- 6) 九州圏内都市の各種公表データ
- 7) 公共施設状況調（2012 年データ）
- 8) 平成 22 年国勢調査、公共施設状況調（2012 年
データ）
- 9) 総務省統計局「地域別統計データベース」

松田浩・安武敦子・森田千尋・佐藤吉宏・稲田裕

表 1 診断における調査実施内容

調査段階	実施内容	診断方法	補足説明
1.事前調査			
1-1.	図面から調査対象項目を特定	該当項目は施設点検表、不具合チェックリスト	図面にて不明な項目は、現地で確認する
1-2.	図面・改修履歴から「仕上・機器類」と「設置年」を設定	「項目チェック」欄に「■」を記入する	・法定点検、外部委託定期点検等は適宜、その結果を不具合チェックリストの備考欄に時期・内容を記入する ・耐用年数は安全センターの設定を基本とする ・設置年は、日常修繕・日常保全等を考慮しない
2.現地調査			
2-1.	事前調査の内容は現地にて確認の上、必要に応じて事前調査段階での記入項目を修正	図面（劣化不具合状況、箇所を記載） 診断写真（劣化不具合状況を確認） 劣化不具合情報を「不具合チェックリスト」に整理	・外観目視（触診）点検を基本とし、機器類の運転・停止は行わない ・建物屋上等で安全に確認できない場合は原則実施せず、その旨を備考欄に記載する ・電気室や機械室内に立ち入る場合は当該施設の「管理者」若しくは「専門業者」立ち合いで行う
2-2.	安全上・機能上の重大な不具合の有無を確認	「施設点検表」に劣化不具合情報・年度内保全記録を一元化して集約	
その他	・年1回の点検を基本とするが、適宜発生した不具合は「施設管理者」が施設点検表」に加えていく ・アスペクトとPCBは別途調査・対応を前提とする		

表 2 公共施設台帳への追記案（土地利用評価）

評価目的	評価項目	調査概要の補足説明
①施設建設	法的制約	・建築基準法の集団規定による「建設できる建築物用途の規制」等
適正	アクセス	・主要道路からの距離 等
	その他	・塩害地域等の施設の劣化に影響する要因 ・浮動沈下の危険性や建物支持地盤に關するの調査等がある場合 等
②防災安全	災害発生可能性	・ハザードマップ情報による、水害・土砂災害 等

2.2 診断及びその実施者

- ・診断は年1回実施することとし、診断実施者は「施設管理者」とする。
- ・「施設管理者」が常駐していない施設は、施設に常駐する「施設管理補助者」を任命する。「施設管理補助者」は「施設管理者」が実施する診断に参加し、「不具合チェックリスト」の項目に關して、状況を報告する。

2.3 診断における調査実施内容

- ・事前調査および現地調査における実施内容を表1に示す。なお、平成27年度は上記の簡易劣化診断方法に則り、市の建物1,340棟のうち1,201棟について診断を実施した。その内訳としては、962棟は簡易劣化診断、239棟は詳細な劣化診断である。詳細な劣化診断は、30年以上経過しており、かつ100㎡以上の施設を対象として実施したものである。

長崎大学工学研究科研究報告 第47巻 第89号 平成29年7月

公共施設等の維持管理・更新 マネジメント（その2）
公共施設等の簡易劣化診断についての検討

松田浩*・安武敦子*・森田千尋**・佐藤吉宏***・稲田裕****

Maintenance, Renovation and Management of Public Facility etc. (part 2)
Consideration on simple deterioration diagnosis of public facilities etc.

by

Hiroshi MATSUDA*, Atsuko YASUTAKE*, Chihiro MORITA**, Yoshihiro SATO***
and Hiroshi INADA****

In Japan, the aging of public facilities constructed during the period of high economic growth is progressing. It is expected that huge renewal investment will concentrate in the future. In addition to the reduction in tax revenues, supplementary expenses etc. are expected to increase, there is concern about securing expenses for renewal and repair. In this report, we examined the creation of a format relating to simple deterioration diagnosis when checking public facilities and infrastructure facilities, and the manualization of implementation method.

Key word: simple deterioration diagnosis, public facility, maintenance, renovation, management

1. はじめに

わが国では、高度経済成長期に集中投資された公共施設等の老朽化が進み、施設の更新需要が高まっている。今後巨額の更新投資負担が集中して発生することが予想される中、税収減に加えて扶助費等の増大が見込まれ、更新・修繕費用の確保が懸念される。

こうした課題への対応として、前報1)では諫早市の総合管理計画の策定にあたって、まず、諫早市における公共施設等の状況把握に關する現状分析とその特徴について検討した。

本報では、公共施設およびインフラ施設を点検する際の簡易劣化診断に係るフォーマット等の作成並びに実施方法のマニュアル化について検討した。簡易な劣化診断における具体的な点検項目は「安全上・機能上の重大な不具合」を、目標を中心として実施することを前提とするものである。

2. 公共施設の簡易劣化診断

2.1 簡易劣化診断の目的

簡易劣化診断については、「公共施設の新たな保全管理体制（保守）」の構築を目的としており、その管理体制において「施設管理者」は定期的に「簡易な劣化診断」を実施することとしている。この診断結果に基づき、市の公共施設を管理する部署は必要に応じて「専門技術者」による調査を実施し、適切な公共施設の維持管理を図るものとする。

簡易な劣化診断における具体的な点検項目は「安全上・機能上の重大な不具合」を、目標を中心として実施することを前提とする。

- i) 安全上の重大な不具合
 - ・建築部材・設備機器等の劣化が進み、脱落・転倒等により人災につながるような危険な状況
 - ・構造体の劣化が進行し、構造安全上懸念されるような状況
- ii) 機能上の重大な不具合
 - ・施設の継続使用に大きく支障をきたす機能的な不具合や、不具合の明らかな兆候が見られる状況

平成****年**月**日受理
****部門 (Division of****)
****部門 (Division of****)
****部門 (Division of****)

表3 公共施設台帳への追記案(施設評価)

評価目的	評価項目	調査概要の補足説明
①施設利用 継続性	施設の寿命	・構造形式による標準耐用年数 ・専門家の躯体劣化診断の判定(RCUI割れ、亀裂等) (市職員による「簡易劣化診断」の結果、専門家判断を要する建物)
②防災安全 性	耐震安全	<構造体> ・築年による判定(建築基準法の耐震性能要求が上がった経緯があるため) ・旧耐震建築物の耐震診断結果(1981年の建築基準法改正以前の建物を対象 一軒屋補強実施の場合はその結果で判定) <非構造部材> ・築年による判定(建築基準法の耐震性能要求が上がった経緯があるため)
	火災安全	<防火設備> ・築年による判定(建築基準法の耐震性能要求が上がった経緯があるため)
③施設の付 加価値	機能的付 加価値	・バリアフリー対応 ・環境負荷低減機能 省エネルギー、創エネルギー(太陽光発電、風力発電等)等 ・BCP対応(災害に対する施設の利用継続性) 防災用非常電源、非常時の飲用水とWC対応、自然換気対応等 ・その他
	歴史的価値	・歴史的価値の調査
	転用性	・後附中 例)転用のしやすいに関する評価軸を後付の上転用パターンを類型化 (構造体の制約(床荷重、階高、耐震性等)、保有設備等の評価軸)
④維持保全 コスト	維持保全コスト指標 (円/㎡・年)	・後附中 例)維持保全コスト指標(円/㎡・年)のパターンの類型化

2.4 公共施設台帳への追記提案

上記の簡易劣化診断内容の検討に加え、諫早市公共施設台帳(案)への追記事項の提案を行った。施設概要については、避難場所指定の有無を記載する。また、評価の観点から、土地利用評価(表2)および施設評価(ハード面)(表3)の2つの項目の追記を提案する。

3. インフラ施設

3.1 簡易劣化診断の整理と対象の選定支援

i) 橋梁特性の分析例

まず、橋長や橋梁種類の分布特性の評価を行う。図1に橋梁特性の分析例を示す。諫早市においては、橋長15m未満の橋梁が約8割を占めている。また、小規模橋梁にはRC橋が多いと考えられる(ただし、別途詳細分析が必要)。

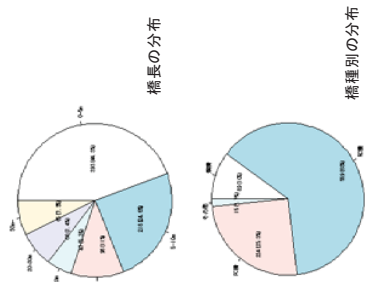


図1 橋梁特性の分析例

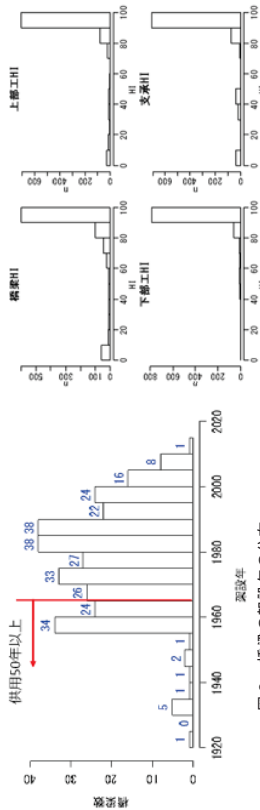


図2 橋梁の架設年の分布

次に、橋長の架設年に関する分析を図2に示す。橋長の架設年に関する分析では、分析の前提として、データの架設年が不明な橋梁が88橋あった。これら架設年が不明な橋梁については、小規模橋梁と見られるが、15m以上の橋梁を重なる等、分析には工夫が必要である。

ii) 健全度の分析例

次に、健全度の分析を図3に示す。橋梁全体と各部位の健全度の分布を見る。前述の結果を踏まえ、本年度は、橋長2m以上の橋梁データを対象として分析を行った(昨年度は橋長15m以上の橋梁を対象)。橋長15m以上の橋梁における結果と比べると、健全度が高いデータが多い傾向にある。

図3 健全度の分布

一方、各部位の健全度と橋梁全体の健全度の相関を見ると、上部工、支保、下部工の順番に相関が高い結果となった。これは、昨年度、15m以上の橋梁で見たと類似した結果である。今後、橋幅や橋長別に分布を見る等、詳細検討を重ねる必要があると考える。

iii) GISの活用

今年度は、データの可視化として、マッピングを実施した。一つは図4に示した電子地図による表示、もう一つは、図5、6に示したGISの活用について検討した。結論としては、電子地図では健全度の色分け程度の分析でなければ利用は難しいことが分かった。一方、GISでは道路や公共施設との重ね合わせが可能であり、

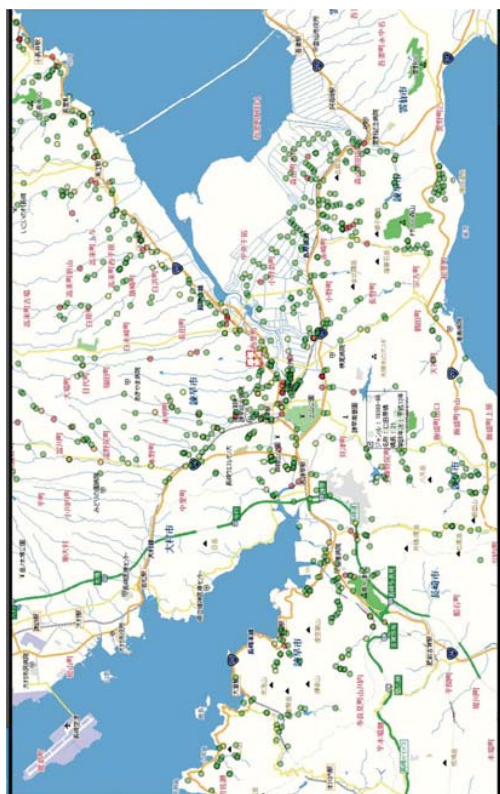


図4 電子地図上の表示(健全度のプロット)

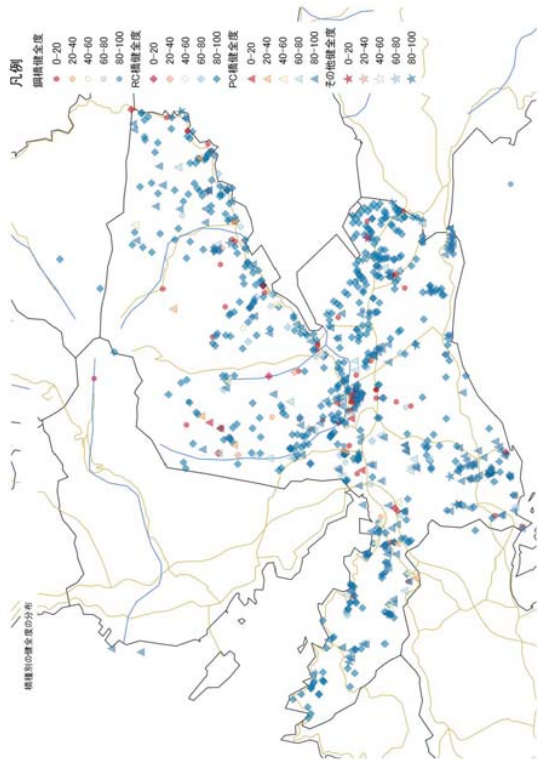


図5 GISの利用(橋種別の健全度のプロット)

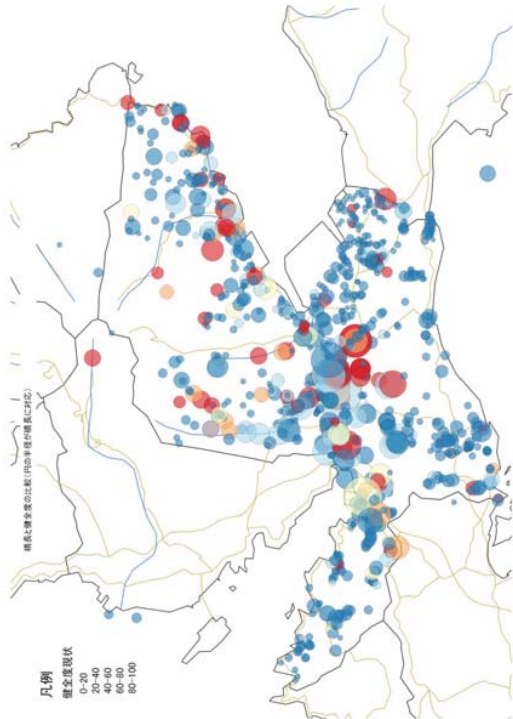


図6 GISの利用(橋長による健全度のプロット)

表 4 簡易診断判定基準

部位	対象部材		状態		
	部材	材料	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ
上部工	床版	鋼	・損傷無し	・全面的な錆の発生	・錆の進行による断面欠損・貫通穴の発生
			・部分的な錆の発生		
	主構	コンクリート	・損傷無し	・一方または軽度の格子状ひび割れ	・格子状のひび割れ、コンクリート脱落
			・軽度(0.2mm以下)のひび割れ		
	主構	鋼	・損傷無し	・全面的な錆の発生	・錆の進行による断面欠損の発生
			・部分的な錆の発生		
		コンクリート	・損傷無し	・部分的な軸直交方向の曲げひび割れ	・相違のせん断による斜めひび割れ
			・軽度(0.2mm以下)のひび割れ	・錆汁の滲じった遊離石炭	・コンクリート剥離、鉄筋が露出し錆が発生
下部工	橋脚 橋台	鋼	・損傷無し		・PCに添った軸方向の大きなひび割れ
			・コンクリート		
支保	基礎	コンクリート	・損傷無し、または軽度(0.2mm以下)のひび割れ		・コンクリート剥離、鉄筋が露出し錆が発生
			・損傷無し、または軽微な損傷		・沈下を伴うひび割れの発生
路上	本体 資産・モルタル 舗装	鋼	・損傷無し、または軽微な損傷		・凍害等によるひび割れの発生
			・損傷無し、または軽微な損傷		・凍害等によるひび割れの発生
	伸縮装置	アスファルト コンクリート	・損傷無し、または軽微な損傷		・凍害等によるひび割れの発生
			・損傷無し、または軽微な損傷		・凍害等によるひび割れの発生
	伸縮装置	鋼・ゴム	・損傷無し、または軽微な損傷		・凍害を伴う破損
			・損傷無し、または軽微な損傷		・凍害を伴う破損

分析手法が多様であって、利用について種々の情報源(出版物やWeb等)があることから、今後、高度な分析への適用が期待される。

3.2 簡易劣化診断手法マニュアルの精査

橋梁の簡易劣化診断の実施にあたって、表4に示す診断判定基準を策定した。対象部材を部位、部材、材料に分け、状態をレベルⅠ～Ⅲの間で判定する方式である。各状態の判定については表4の通りである。

3.3 新しい計測技術の活用

道路や橋梁等のインフラ施設について、ICTを活用した計測技術の適用による点検の効率化を目指した検討を継続的にを行っている。今年度の検討では、携帯端

末を利用した画像モニタリングシステムの点検作業への適用性の評価を進める。このシステムは構造物の変状箇所(橋梁や位置)のIDを付与するためのカメラレコーダーを貼り付け、コードを入れた画像を撮影したラウンド管理することによって画像の比較や経時変化の評価を容易とするものである。

平成27年度の実証試験では、後述するように、2015年11月19日に対象橋梁へのカメラレコーダーの貼り付け、タブレットによる初期画像撮影と調査員へのデモを実施した。今後も月一回程度の撮影と画像の取得を継続する。限られた期間の試験であり、大きな変状の検出は難しいことが予想されるが、システムの適用性の把握や課題の抽出を目的として検討を行うものである。

表 5 計測対象橋梁

橋梁コード	橋梁名	道路種別	架設年度	橋長(m)	幅員(m)	橋梁種別
40002	川西龍橋	1級市道	1994/3/31	219	8.0	PC橋
40014	大淀橋	2級市道		9.8	5.1	鋼橋

i) 計測概要
作業場所：諫早市森山町慶師野(対象橋梁は後述)
実施日時：設置、初期計測 2015年11月19日(木)
第二回計測 2015年12月15日(木)
第三回計測 2016年1月20日(水)

最適な方策を見出すことが求められる。また、貼り付け方法についても、今回の実証試験の状況を評価した上で、長期的に安定な接着方法を設定する必要がある。

ii) 対象橋梁
調査の対象とする橋梁は、表5に示すように計測の対象となるような劣化が見られ、橋種、規模の異なる2橋を選出した。川西龍橋では、橋台付近の橋脚石積みに比較的大きいひび割れが発生しており、その部位を計測対象に設定した。一方、大淀橋は鋼桁端部の錆と橋台コンクリートのひび割れの発生が見られる。モニタリングではこれらの劣化部位に注目し、カメレオン経時変化の観察の容易化を検証する。

iii) カメレオンコードの実橋梁への貼り付け
カメレオンコードはカラーバーコードの一種で、特殊な計測器を要せず、一般のデジタルカメラの撮影で画像のIDを関連づけることができる。ここでは、各橋梁に橋梁を特定するための親コードを1枚、撮影対象位置毎に川西龍橋には1カ所、大淀橋には2カ所に子コードの貼り付けを行った。

カメレオンコードは電子データとして与えられるため、貼り付け対象に応じて適切な母材、大きさにプリントして用いる。今回は耐久性を考慮して、プラスチック版にコードを印刷した。今回用いたコードの大きさは、縦3cm×横8cmである。撮影する範囲の大きさや撮影距離に応じて、適切な大きさのコードを用いることが可能である。また、貼り付けには両面テープを用いた。貼り付けの状態を図7に示す。

今回の撮影時の天候は晴天下であり、コード面の反射によって読み取りが難しくなるなどの課題も見られなかった。コードの材料や表面加工などは再度検討を行い、



図 7 コードの貼り付け(左：川西龍橋、右：大淀橋)



図 8 プレットを用いた損傷部位の撮影とデモ

術として有効と考えられる。特に、画像の撮影には特殊な技術は求められないため、初期画像のみ技術者が場所を特定して撮影しておけば、その後は一般の住民でも撮影が可能である。そして、画像の比較は技術者が現地に行くこと無しに任意の時間と場所で行うことができるため、維持管理の効率化への貢献が期待される。

一方、上の川西龍橋の結果では、二つの写真が微妙に異なる。これは撮影した部材の表面の凹凸が大きき、直射日光の影響により、画像に差が生じたことによる。このような撮影手法の最適化についても、今後実証を通じて検討を進める必要がある。

vii) 今後の展開
今回設置したコードは今年度の3月頃まで現状を保持し、月一回程度の現地調査と撮影の継続的を予定している。限られた期間のため、大きな変状は生じないことが予想されるが、コードの状況や有効性の確認と実構造物への適用の課題の抽出を図る。また、長崎大学の学生やシステム開発者以外の担当者による撮影、システム運用を行うことにより、専門家以外の利用に向けた課題を見出し、システムの改良を進めていく。また、離れた位置からのレンズカメラを用いた撮影など撮影方法の検討も予定している。

4. あとがき

本報告では、本報では、公共施設およびインフラ施設を点検する際の簡易劣化診断に係るフォーマット等の作成並びに実施方法のマニュアル化について提案した。

謝辞

本事業は平成 26 年度の諫早市からの委託事業として実施したものである。諫早市の職員はじめ日本経済研究所、政策投資銀行の方々には多くの資料等を作成していただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 松田浩ほか、公共施設等の維持管理・更新・マネジメント(その1)、長崎工学研究科研究報告、2017. 7
- 2) 平成 27 年度諫早市公共施設用総合管理基本計画策定業務委託報告書、国立大学法人長崎大学、2016. 3



図 9 システム操作画面(左：川西龍橋、右：大淀橋)

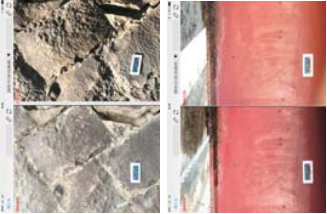


図 10 画像の比較状況
(上：川西龍橋、
中・下：大淀橋)

クラウド上でのデータ管理を行う。
vii) 経時変化の監視状況

前項のように撮影した画像は、サーバー上に管理された任意の過去の画像との比較が容易に可能である。本報では、第二回の画像と初回の画像を比較した例を示す。

対象の2橋梁の3箇所の対象部位について、今回の画像(左)と過去の画像(右)を比較した結果を図10に示す。経過時間が1ヶ月であるため、両画像には顕著な差異は見られず、特に大淀橋の2カ所の画像はほとんど一致していることが分かる。このような比較を継続的に容易に実施できることは、目視点検の支援技

10.1 及び 10.2 は文字が小さいので、詳しくは下記リポジトリでご確認ください。

NAOSITE: Nagasaki University's Academic Output SITE



Title	公共施設等の維持管理・更新・マネジメント（その1）公共施設等の状況把握とその特徴 ～諫早市の事例～
Author(s)	松田, 浩; 安武, 敦子; 森田, 千尋; 佐藤, 吉宏; 稲田, 裕
Citation	長崎大学大学院工学研究科研究報告, 47(89), pp.67-74; 2017
Issue Date	2017-07
URL	http://hdl.handle.net/10069/37676
Right	

This document is downloaded at: 2018-02-18T02:08:40Z

NAOSITE: Nagasaki University's Academic Output SITE



Title	公共施設等の維持管理・更新・マネジメント（その2）公共施設等の簡易劣化診断についての検討
Author(s)	松田, 浩; 安武, 敦子; 森田, 千尋; 佐藤, 吉宏; 稲田, 裕
Citation	長崎大学大学院工学研究科研究報告, 47(89), pp.75-82; 2017
Issue Date	2017-07
URL	http://hdl.handle.net/10069/37677
Right	

This document is downloaded at: 2018-02-18T02:09:08Z

スマートフォンを用いた道路舗装点検システムにおけるひび割れ率計測法

1. はじめに

インフラ長寿命化センターは、諫早市から平成 26～27 年に地域総合整備財団（ふるさと財団）の補助による公共施設等総合管理基本計画策定委託業務を受けた。これにより諫早市の公共施設等の維持管理・更新・マネジメントに関わる調査・研究を開始した。ここではその中の一つとして道路舗装点検システムについての取り組み事例について紹介するとともに、今年度実施したスマートフォンを用いたひび割れ率の計測法と計測結果について報告する。

2. 道路舗装点検システム

道路施設の点検は路面性状測定車を用いて路面におけるわだち掘れ，ひび割れ，平坦性を測定し，評価指数 MCI (Maintenance Control Index)により定量的に評価・算定されている。この点検手法に対し，①測定および解析費用を安価にしたい，②ドライバー視点の舗装評価にしたい，③評価延長を短くし局部的な損傷に対応したい，④画像との連携により現地再確認を省力化したい等々のニーズがある。本論では道路舗装点検は専用の路面性状測定車による MCI 値による測定結果を基準とし，スマートフォンを用いた「道路パトロール支援システム」（以下，「道パト」という。）による測定結果について比較検証した。

道パトとは，図 1 に示すようにスマートフォンを用いた道路の劣化推定を行う道路管理システムである。パトロール中にスマートフォンで自動収集できる「振動＝加速度センサー値」を活用して，振動の強い地点を自動的に地図に表示し舗装劣化推定を行うものである。また，スマートフォンのカメラ機能により観察地点の登録，すなわち，現場での点検や作業記録を簡便に記録可能にし，事務作業の負荷軽減と継続性のあるデータ記録を実現でき，さらには集積した情報を用い補修計画を立案することができるのが特徴である。

図 2 は MCI による評価結果と道パトによる診断結果である。MCI の結果では劣化の激しい区間が赤で表わされ，対応する道パトによる診断結果では劣化の激しい区間を赤で，劣化の軽微な区間を黄色で表している。以下の比較画像では，道パトによる診断結果は MCI による判定結果とよく一致していることが把握できた。図 3 は諫早市職員によるパトロール（2015 年 11 月 25 日～2016 年 2 月 15 日）時のデータである。複数回走行し，それを統計的に処理したものから劣化度を算出した。

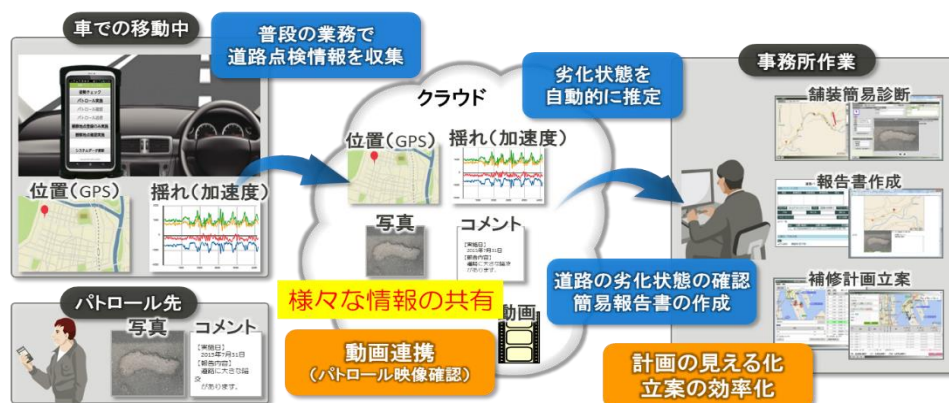


図 1 インフラにおける ICRT の活用《道路舗装維持管理システム》

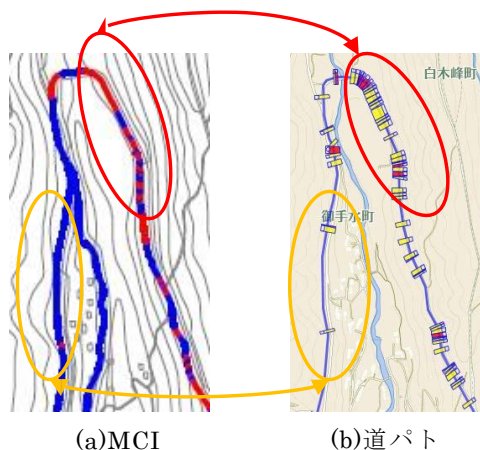


図 2 MCI と道パトによる評価結果

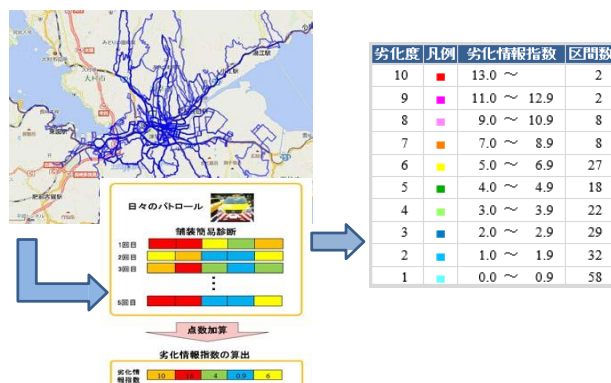


図 3 道パトによる劣化度推定の一例

3. ひび割れ率の計測

MCI による路面性状の評価は平坦性のみならずわだち掘れ、ひび割れ率により評価されている。例えば、長崎県では、平坦性、ひび割れ率、わだち掘れ量から評価される MCI による維持管理を行っているため、ひび割れ率、わだち掘れ量についても計測評価する必要がある。一般的に MCI の 3 要素の解析において、ひび割れ解析に要する時間が、解析時間全体の約 7 割程度を占めているため、ひび割れの解析時間を短縮することで、路面性状調査がより経済的になることが考えられる。ここでは、道パトにおけるひび割れ率の計測の可能性についての検証を行う。ひび割れ率の算定は、図 4 に示すように、 $50 \times 50 \text{cm}^2$ の面状、線状、パッチングにより重み付けで評価されている。

3.1 木構造画像フィルタの構築と画像フィルタの適用方法

道パトで取得される画像に対して適切なひび割れの抽出ができるように、道パト用の新たな木構造状画像フィルタの構築を行った。フィルタの構築には進化計算の 1 つである GP (Genetic Programming) を用いた。これは GA (Genetic Algorithms) の考え方を応用して、プログラムの自動生成や人工知能 (学習、推論、概念形成等) を実現するものである。GA および GP のフィルタの仕組みを図 5 に示す。

ここでは、以上の仕組みを持つフィルタを 3 つ作製した。フィルタの性能を図 6 に示す。フィルタ A は対象領域の平均階調値が高い画像に有効であり、フィルタ B は対象領域の平均階調値が低い画像に有効である。フィルタ C は影などが多く存在し階調値の分散が大きい画像に有効である。

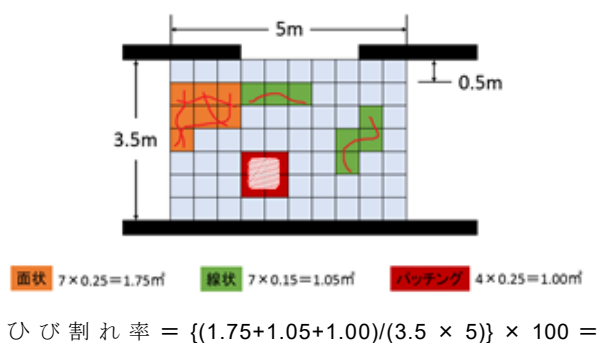


図 4 ひび割れ率の算出方法

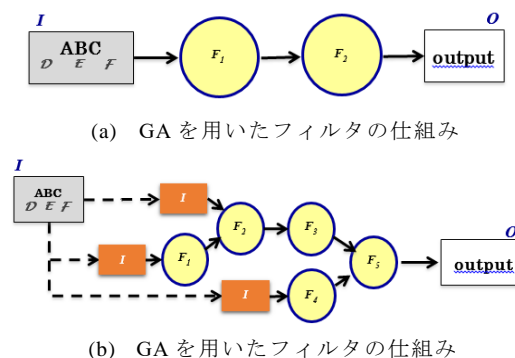


図 5 木構造画像フィルタの仕組み

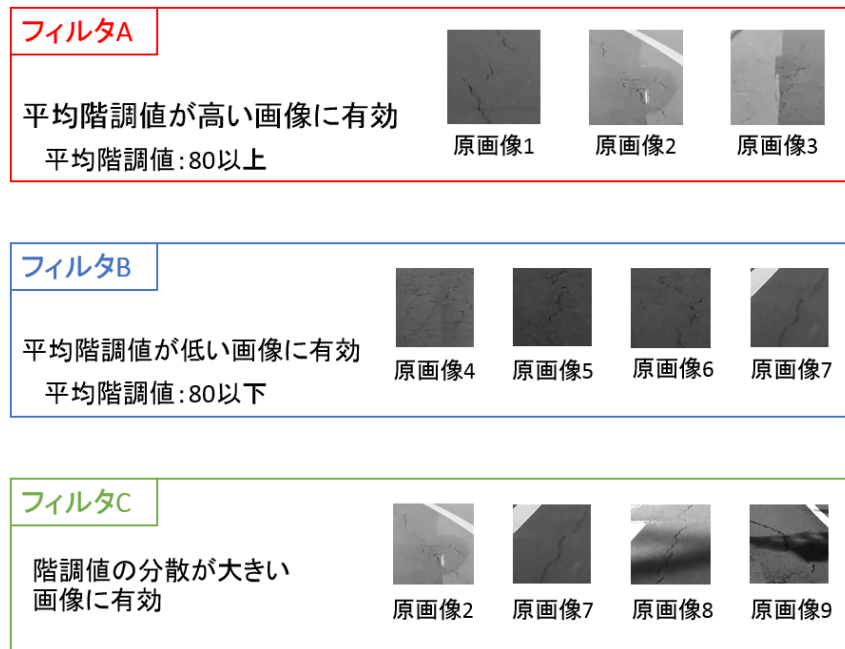


図 6 道パト用フィルタの性能

既往研究より、画像にフィルタを適用する際には、木構造フィルタを一括して適用するより分割して適用する方がひび割れを精確に抽出できることがわかった。また、画像の道路は台形状になっているため、より精確なひび割れ率を算出するには台形補正を行った。

3.2 MCI のひび割れ率のデータとの比較検証

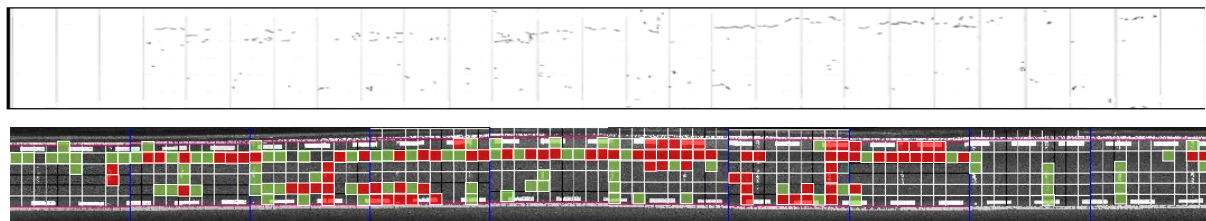
計測データは国道 206 号の下り 15kp～16kp と一般県道 204 号奥ノ平時津線下り 19kp～20kp である。まず、道路の 100m 区間に画像フィルタを適用したものと、MCI で劣化判定しものを図 7 に示す。2 つの道路のそれぞれ 10 区間に図 7 に示したものと同じものを作製し、図 4 に示したひび割れ率の算出方法を用いて道パトにおけるひび割れ率を算出した。

国道 206 号および一般県道 204 号における道パトによるひび割れ率を図 8 に示す。グラフの横軸は対象の 1km を 100m 毎の 10 区間に分けたものを表わす。図 8 から道パトにおけるひび割れ率は MCI のひび割れ率に約半分の値となり、差が大きいところでは 2 割程度の値しかとれない区間があった。特に差が大きい国道 206 号の区間 3 と 7 に関しては、平均階調値が極端に低くひび割れが検出されにくかったことも原因の 1 つと考えられる。一方、MCI のひび割れ率の値が小さい区間ほど道パトとの差が小さくなる。

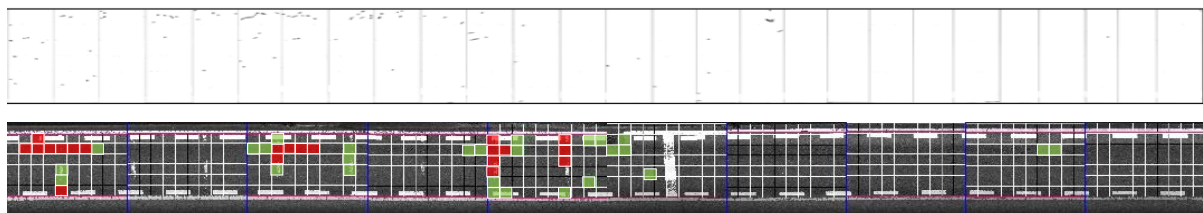
次に MCI と道パトによるひび割れ率の相関関係を図 9 に示す。さらに、この 2 つの値の相関係数 r を求める。相関係数 r が $0.7 \leq r \leq 1.0$ のとき強い正の相関があると評価される。2 つの道路における MCI と道パトのひび割れ率には強い相関があることが確認できる。

MCI におけるひび割れ率の算定は $50 \times 50 \text{cm}^2$ の格子に少しでもひび割れがあればその格子は損傷箇所として判定される、格子の中に 2 本以上のひび割れがある場合、何本のひび割れがあっても同じ評価をするといったことが挙げられる。しかし、道パトに関しては、式(1)を用いることでひび割れの面積のみを考慮した厳密なひび割れ率を求めることができるとともに、これはスマートフォンから直接得られる画像データを基にしている。式(1)による厳密なひび割れ率を図 10 に、相関関係を図 11 に示す。2 つのひび割れ率には相関があることが確認でき、道パトにおけるひび割れ率の算定値の有効性を確認することができる。

$$\text{ひび割れ率}(\%) = \frac{\text{黒画素数(pixel)}}{\text{全体の画素数(pixel)}} \times 100 \quad (1)$$



(a) 0~50m 区間



(b) 50~100m 区間

図 7 劣化箇所の比較

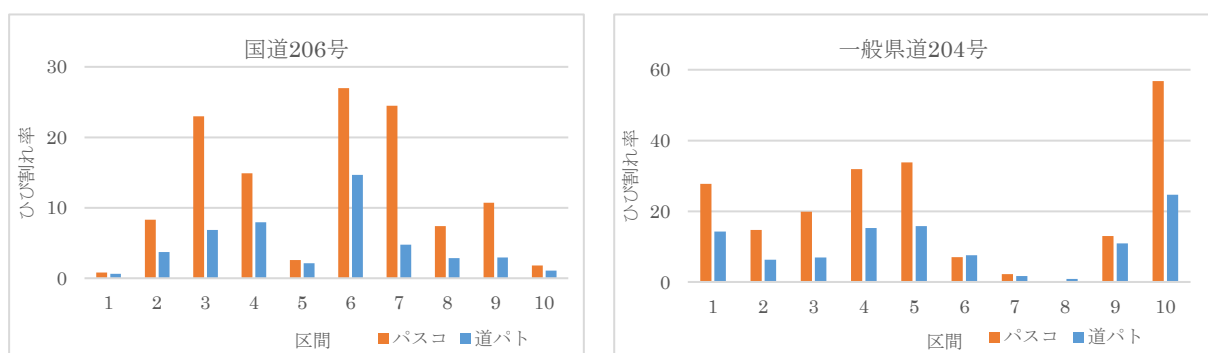


図 8 MCI と道パトのひび割れ率の比較

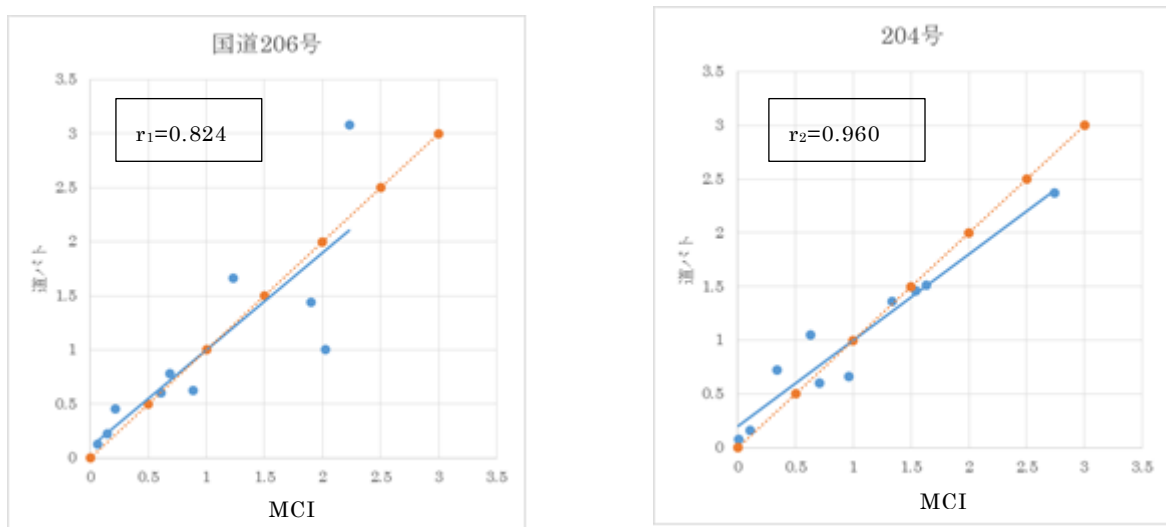


図 9 MCI と道パトのひび割れ率の相関関係

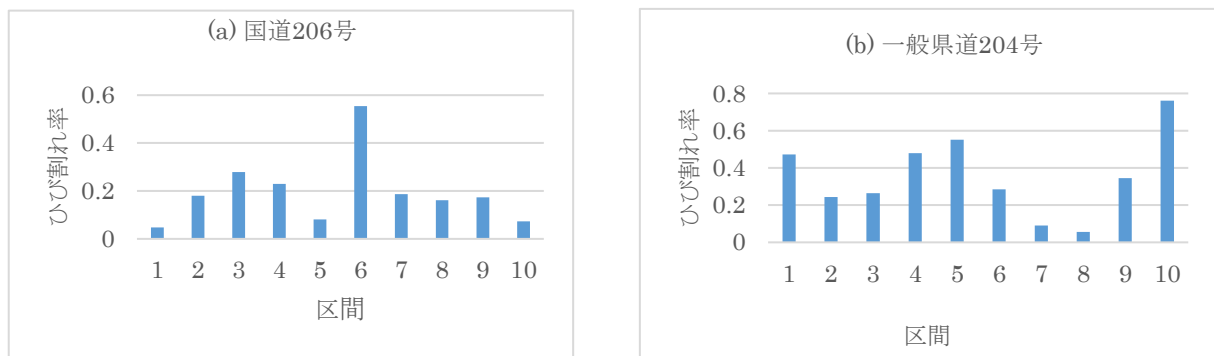


図 10 道パトにおける厳密なひび割れ率のグラフ

5. まとめ

- (1) 道パトにおける木構造状画像フィルタを構築することができた。
- (2) 画像を台形補正することでより正確なひび割れ率を求めることができた。
- (3) 道パトにおけるひび割れ率は MCI のひび割れ率の 5 割程度の値だったが、2 つの値には相関があることがわかった。また、道パトではより厳密なひび割れ率を求めることができ、その値も MCI 値との相関が確認できた。

参考文献

- 1) 中村博康, 井原務: 道路舗装のひび割れ率の簡易評価手法の検討, 舗装, 48, 11, 573, p12~15, 2013-2015
- 2) 佐々木博: スマートフォンを活用した新たな舗装維持管理技術
- 3) 西川貴文, 吉田純司, 杉山俊幸, 斎藤成彦, 藤野陽三: 木構造状フィルタを用いたコンクリートのクラック抽出のためのロバストな画像処理システム

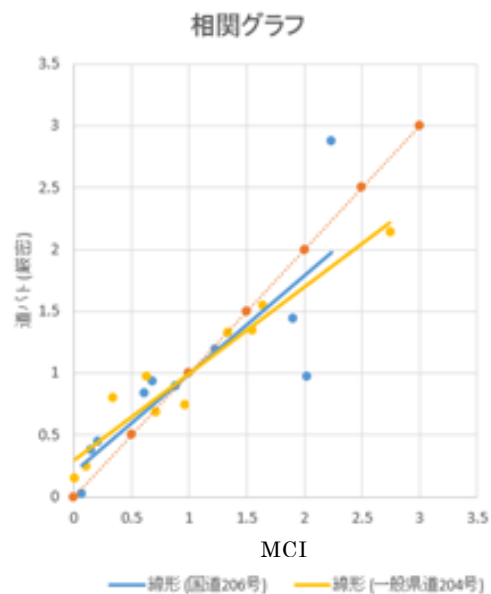


図 11 MCI と道パト（厳密ひび割れ率）の相関関係

10.4 ワイヤレスセンサネットワークによるモニタリングシステムの構築とその活用に関する研究

石塚洋一、藤本孝文、藤島友之、杉本知史

国内では、減災を目的とした既設インフラや斜面地などの危険地域の点検や事前補修が求められている。一方で、地方行政の財源不足や人手不足により、点検業務がままならない状況に多くの自治体が直面している。さらに、点検を行う点検員の資質により点検結果にムラが生じる事も多く発生している。

このような問題に対し、本研究グループでは、土木系、情報系、電気系の研究者で分野横断型の研究グループを結成し、コストを抑制しつつ、既設インフラや危険地域の定期的なモニタリングを可能とするシステムの開発を目指している（図-1）。

現在は、特に斜面地に関する地すべりなどの発生を事前に予防する予防保全を可能とするワイヤレスセンサネットワーク（WSN）システムの構築を目指している。以下、2018 年度の活動をそれぞれの担当毎に報告を行う。

1 佐世保市内の人工斜面地盤へのシステム実装【石塚・杉本】

(a) システム概要とモニタリングの現況

本研究では、人工的に盛り立てられた土砂地盤の斜面を対象として、降雨による地盤の水の浸透と地下水位を無線センサネットワークモニタリングするためのシステムを構築し、継続的なデータ収集と分析を通して斜面変状の進行を定量的に明らかにする試みを行っている。

対象斜面は、地表面付近に土砂主体の産業廃棄物、その下に崖錐堆積物、基盤岩で構成されている。約 4 年前の大雨が原因で中段付近に生じたクラックの対策として土砂の切り返しによる緩勾配化と表層 50cm 程度の覆土による遮水工が施されている。現状の斜面形状は、法面勾配 1:1.5、高さは 40m となっている。

図-2 に各種観測センサの設置位置を示す。構築したモニタリングシステムは、図-3 に示すようにエンドデバイス（端末）、ルーター（中継機）、コーディネータ（親機）の三つで構成している。エンドデバイスには土壌水分計・間隙水圧計・転倒マス型雨量計を接続している。これらより得られる出力電圧を、増幅回路を通すことで分解能を調整し、無線ネットワークを介しコーディネータに通信する。その際モニタリングエリア内に適宜設置したルーターを経由することで、安定した通信品質を確保するようにしている。5～10 分毎に収集したデータはコーディネータに蓄積され、LTE 回線を通してブラウザ上で通信状況の確認やデータのダウンロードが可能である。これにより、遠隔地にてモニタリングを行うことができ、対象斜面の安全の確保やセンシングデータの解析によるリアルタイムの現状分析が可能となる。



図-1 Web 経由で現地の遠隔モニタリングを行っている様子（PC のキャプチャ画面）

(b) 電源とセンサに関する取り組みと問題点抽出

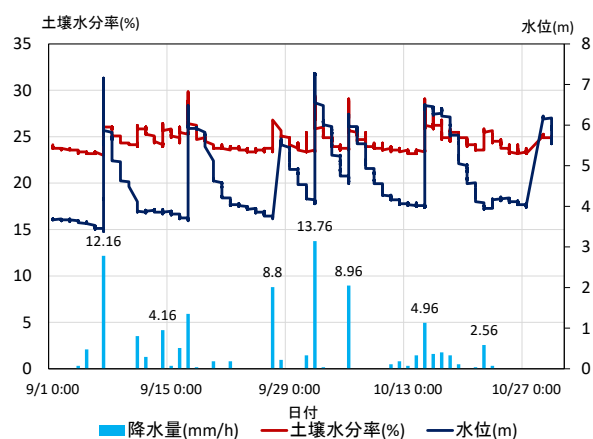


図-4 降雨量に対する土壌水分計と地下水の関係

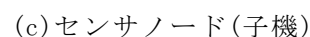


Figure 10 is a line graph titled "電圧値[V]" (Voltage Value [V]) on the Y-axis and "日付" (Date) on the X-axis. The Y-axis ranges from 1.0 to 4.0 V. The X-axis shows dates from 11/01/2023 to 12/06/2023. The graph displays multiple colored lines representing different power lines. A red dashed box highlights a period around 11/30/2023. The legend on the right lists the following power lines:

- 00124b00016291a0
- 00124b00016291b0
- 00124b00016291c0
- 00124b00016291d0
- 00124b00016291e0
- 00124b00016291f0
- 00124b00016291g0
- 00124b00016291h0
- 00124b00016291i0
- 00124b00016291j0
- 00124b00016291k0
- 00124b00016291l0
- 00124b00016291m0
- 00124b00016291n0
- 00124b00016291o0
- 00124b00016291p0
- 00124b00016291q0
- 00124b00016291r0
- 00124b00016291s0
- 00124b00016291t0
- 00124b00016291u0
- 00124b00016291v0
- 00124b00016291w0
- 00124b00016291x0
- 00124b00016291y0
- 00124b00016291z0

— 158 —

その結果、図-5 に示すよう、おおむねセンシングはできているものの、年間を通した継続的かつ安定的な計測を実現するためには、システムの安定性に潜在的な問題点があることが明確となった。まずセンサについては、地盤内への設置簡易性がセンサーネットワークを拡大するにあたり、大変重要であることが確認され、また、エネルギーハーベスティングによる給電力および化学電池を用いた蓄電の温度変化によるその特性の変化などの問題が大きいことが明確となった。今後、さらなるシステムの安定性強化、物理センサによるセンシング精度向上ならびに設置性の簡易さについて検証を引き続き行っていく予定である。

2 ワイヤレスセンサーネットワーク向けのモニタリング用アンテナならびにレクテナ開発【藤本】

(a) 斜面地でのモニタリング用アンテナの開発

斜面地にモニタリング用アンテナを設置する場合、安定した通信を維持するためには、天頂方向に円偏波を、低仰角方向に垂直偏波を放射するアンテナが適している。最初にシミュレーションにより、無線センサーネットワークの規格である Zigbee 帯で、上記の放射指向性を満たすアンテナを設計した。続いて、試作、測定により、シミュレーション結果の精度およびアンテナの実現性について評価を行った。写真-1 に試作したアンテナを示す。提案するアンテナは非常に小型であり、回路を含めたシステムへの組み込みが容易であると言った利点を持つが、各エッジにあるクランク型スリットを精度良く製作することが難しい。測定結果においても、円偏波軸比特性のシミュレーションと測定値に誤差が生じた。今後、シミュレーション、試作、測定を繰り返し、シミュレーション値と測定値の誤差低減を図り、アンテナ実現に向けた開発を進める必要がある。

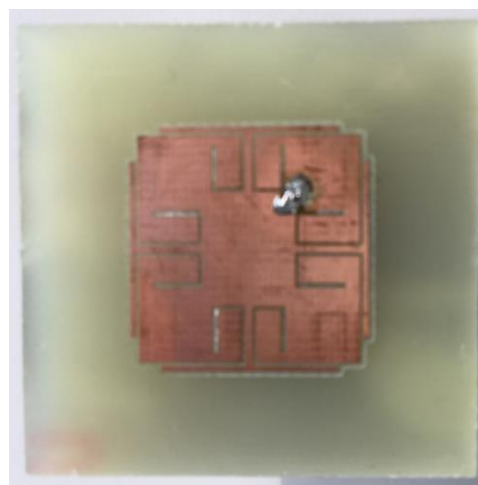


写真-1 提案する円偏波用小型平面アンテナの試作品

(b) ノード端末強制リセット回路用レクテナの開発

無線センサーネットワークにおいて、しばしばノード端末がハングアップすることがある。このような場合、現場まで赴き、斜面等の危険個所でノード端末のリセット作業を行う必要がある。ここでは、このような危険個所での作業を回避するための、ノード端末強制リセット回路用レクテナの開発を行った。提案するレクテナは、アンテナ、整合回路、整流



写真-2 レクテナ（整合回路+整流回路）試作品

回路およびリセット回路から構成させる。提案する回路はアンテナから受信した電波を電源としてノード端末のリセット作業を行うが、ここでは、試作した整流回路、リセット回路の動作確認のため、入力波源として、マイクロ波発振器を利用した。写真-2 に試作したレクテナ（整合回路＋整流回路）を示す。整流回路への入力電力が 0dBm のとき、リセット回路が動作可能となる出力電力-40dBm の直流生成に成功した。

3 屋外設置電子機器の簡易避雷方式の検討および開発【藤島】

ワイヤレスセンサネットワークのセンサ端末の中でも、情報の中継を担う中継機（ルータ機能を持つセンサ端末など）は地表からできるだけ高い場所への設置が求められる。すると、平原など設置場所によっては、高い位置に設置したセンサ端末は落雷の被害を受ける可能性がでてくる。そこで、屋外に設置するセンサ端末などの機器を雷害から守るための対策について、検討・試作・実験室における性能評価を行っている。さらに、佐世保市の斜面地においてフィールドテストを実施中である。具体的には、雷害対策法として、単体のセンサ端末の保護を目的とした避雷ケージ、および、複数のセンサ端末群の一括保護を目的とした簡易避雷針を考案しており、性能評価やフィールドテストなどの結果を踏まえて改良中である。本報告では、今年度実施した①避雷ケージの改良と②簡易避雷針の接地方法の改良による接地抵抗値の低減について簡単に紹介する。

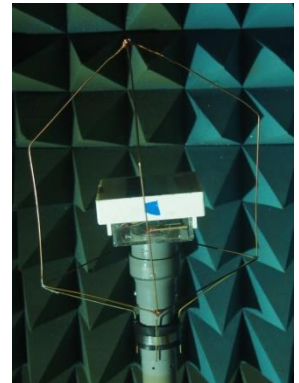


写真-3 試作避雷ケージ付きセンサ端末

①避雷ケージの改良

写真-3 に示したようにセンサ端末まわりを避雷ケージで囲むことで、雷から保護するとともに通信性能の向上を図る。避雷ケージを構成する導体の長さを通信電波の波長を考慮して調整することで、アンテナの役割を付与することを期待している。試作したケージを取り付けた場合と、取り付けしていない場合とで、受信信号強度(RSSI 値)の測定を行ったところ、数 dBm ではあるが RSSI 値を向上させることができていた。ケージの導体長さを最適化することで、通信性能をさらに向上できる可能性があることが分かった。

②簡易避雷針の接地方法の改良

写真-4 に示したルーターやソーラーパネルを保護するための簡易避雷針 3 号（高さ 3.4m）と、写真-5 に示した通信基地局を保護するための避雷針 4 号（高さ 4.5m）を設置した。避雷針 3 号では、雷撃電流を分散させて大地に流入させるために、長さ 90cm の金属丸棒杭の接地極 3 本を 5m ずつ離して埋設する分散接地とした。また、避雷針 4 号では、その 3 本の接地極を 5cm ほどの間隔で集中して埋設する集中接地を試した。接地抵抗の値は、それぞれ、避雷針 3 号が 20・、避雷針 4 号が 12・・であった。3 号の抵抗値は、その測定原理から、値が高く測定されたと考えている。避雷針 2 号の長さ 60cm の 1 接地極のときの接地抵抗は 200・程であったので、接地極を長くして本数を増やすことによって接地抵抗値を約 10 分の 1 にすることができた。建築物用避雷針の接地抵抗値の JIS 規格は 10・以下となっており、長さ 90cm の金属丸棒杭 3 本を打ち込んで埋設するだけで、同程度の接地抵抗値が簡単に得られることがわかった。

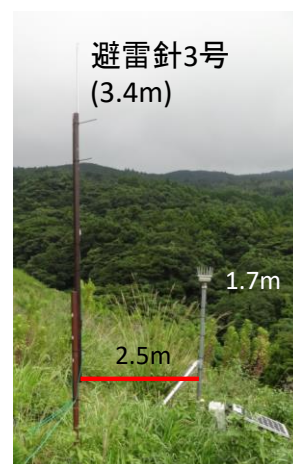


写真-4 簡易避雷針
3号と保護対象

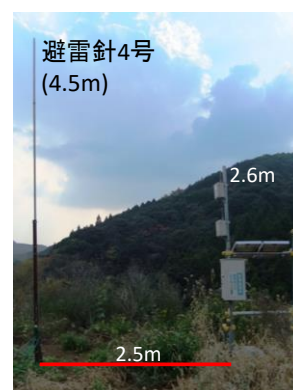


写真-5 簡易避雷針
4号と保護対象

