

「道路の維持管理業務で、ICT・AI技術を活用する上での課題、留意すべき事項と今後の展望」

2019年12月5日

東京大学生産技術研究所

(工学系研究科社会基盤学専攻／工学系研究科先端学際工学専攻
／空間情報科学研究センター兼務)

准教授・関本義秀

1

The screenshot shows the website for Sekimoto Lab at the University of Tokyo. The browser address bar displays 'sekilab.iis.u-tokyo.ac.jp'. The main header includes the lab name in Japanese and English. A navigation bar contains tabs for Overview, News, Research, Member, Achievement, Links, and Access. The 'Recent research' section features a video player with the title '復興支援調査データによる東日本' and a description of evacuation situations in Iwate Prefecture following the Great East Japan Earthquake. The 'Human Centered Urban Informatics' section includes a photo of Professor Sekimoto Yoshitaka and a text block discussing the complexity of urban information and the role of ICT in addressing these challenges.

2

My City Report

市民協働型プラットフォーム（ちばレポ）



舗装の痛み

市民が地域の課題発見



壁の落書き

対応状況の共有

スマホGPS機能を使って
地域の課題をレポート



ちばレポWEB

苦情の電話もDB
上で統合化し、
年間約1.1万件！



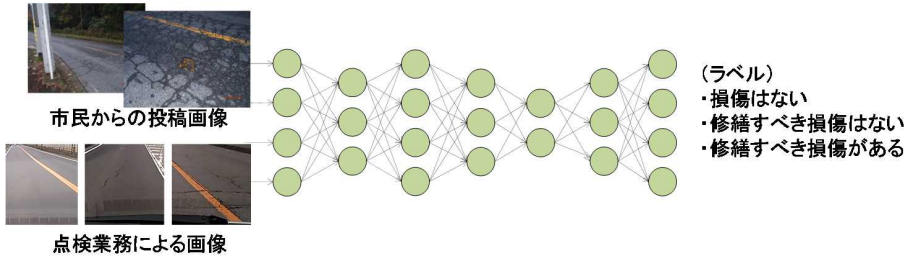
登録者数の推移

行政内で顧客対応を割振
るCRM機能が充実
(平均回答日数が
26日→23日程度に短縮)



日別・ツール別投稿数

まずは現場負担の軽減のためにAI導入



(0): 損傷はない
(1): 修繕すべき
損傷はない
(2): 修繕すべき
損傷がある

Iter=10000		正解			class precision
		(0)	(1)	(2)	
予測	(0)	480	11	1	98%
	(1)	15	441	25	92%
	(2)	5	48	474	90%
class recall		96%	88%	95%	ACCURACY=93%

千葉市との共同研究成果(2016年3月)

藤谷俊人 (千葉市長) @kumagai_chiba
 フォローする

ちばレポを研究テーマとした学生・指導教授の方々とランチミーティング。千葉市の施策を理解している立場からの提言指摘は大変参考になります。
 ちばレポ等の道路破損状況と修繕のデータをディープラーニングさせることで、市内道路を連続して撮影して破損・修繕の判別をする提案は面白いと感じました

一方で市民投稿型サイトも・・・

- 行政の一定の関与も欠かせないが、予算的にも人材的にもリソースには限りがあり、一部の政令指定都市等に留まっている。
- 市民参加だけでなく、職員の日常業務のノウハウをITを用いて効果的に結び付けたい

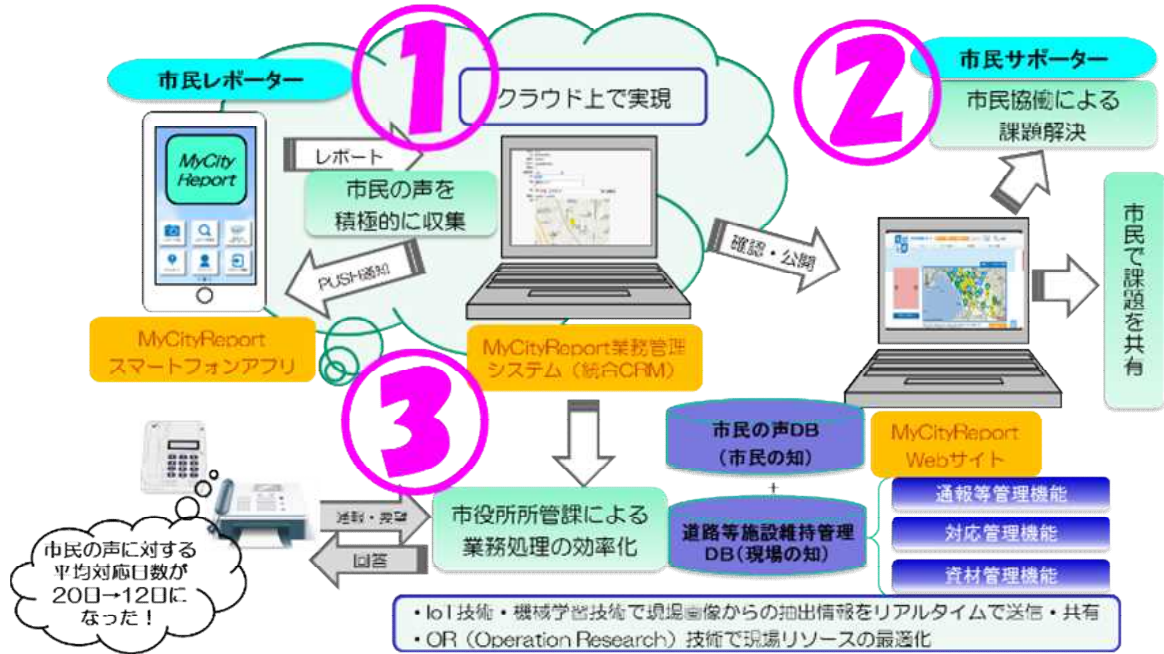
◆ちばレポ・・・のようなもの◆

H27.2千葉市調査

都市名	人口(万人)	運用開始	登録者数(月平均)	レポート数(月平均)	10万人当たりレポート数(月平均)	①課題レポート				レポート公開	②市民協働	③効率化
						道路	公園	ごみ	その他(内容)			
千葉市	97	H26.9~	3,412 (201)	2,474 (146)	255 (15)	○	○	○	○	○	○	○
S市	72	H27.4~	未公開	204 (34)	28 (5)	○	×	×	×	×	×	×
H市	78	H27.4~	未公開	390 (35)	50 (4)	○	×	×	△ 河川、冠水	△	×	×
O市	270	H27.1~ H27.3	334 (111)	89 (30)	3 (1)	○	○	×	○	○	×	×
K市	34	H28.1~	未公開	55 (55)	16 (16)	○	○	○	△ 河川、防犯灯、公共施設	○	×	×
H市	12	H26.10~	106 (9)	290 (24)	244 (20)	○	○	○	○ 水路、雑草、交通安全、防犯灯、公共施設	○	×	×
I市	10	H27.8~	未公開	8 (1)	8 (1)	○	○	×	△ 犬フン、災害	○	×	×
U市	17	H27.10~	未公開	未公開	—	○	○	○	○	△	×	×
B市	12	H27.4~	—	139 (13)	116 (11)	○	×	×	△ 防災	○	×	×

次世代ちばレポ (My City Report)

- 千葉市と全面的に連携し、「ちばレポ」をベースにしつつもさらに機械学習、IoTや最適資源配分等の機能を組込んだオープンソースベースの次世代型の市民協働プラットフォームを開発し、全国の地方自治体に展開を目指す



もちろん、市民だけでなく行政も頑張る

- AI、IoTで道路管理車両等に搭載したスマホから自動的に傷を検出し、サーバーで共有。その後、道路管理者が傷の程度を確認し、教師データに。



2017年1月19日
千葉市・東大プレス資料より

実験ツール



スマホ側のアプリ

損傷程度判定webツール - 編集



※ 教師データ作成用のWebツール

深層学習用のモデル

- 今回は、YOLO (You only look once) でモデルBを採用

	layer1	layer2	layer3	layer4	layer5	layer6	layer7	layer8	layer9
	3×3×4 C1 P1	3×3×8 C2 P2	3×3×16 C3 P3	3×3×32 C4 P4	3×3×64 C5 P5	3×3×128 C6 P6	3×3×256 C7	3×3×256 C8	1×1×30 C9
Model A	4	8	16	32	64	128	256	256	30
Model B	8	16	32	64	128	256	512	512	30
Model C	16	32	64	128	256	512	1024	1024	30

Convolutional layer
 Max Pooling layer

3クラス検出の精度（目標1）

教師データの画像を約3万枚（うち損傷画像は1,651枚）集め、Recall（見つけたい損傷のうち正しく見つけた割合）も0.89まで向上！

a) 第一段階実験

駒場付近での評価

		アプリの判定(予測)	
		損傷あり(枚)	損傷なし(枚)
真のクラス	損傷あり(枚)	13	45
	損傷なし(枚)	14	198

Precision	0.48
Recall	0.22

道路管理者による教師データ内訳

	枚数(枚)
千葉市	1514 (514)
足立区	0 (0)
室蘭市	0 (0)
長久手市	0 (0)
港南区	0 (0)
市原市	0 (0)
総計	1514 (514)

※()内は損傷を含む路面画像数

b) 第一段階実験

駒場付近での評価

		アプリの判定(予測)	
		損傷あり(枚)	損傷なし(枚)
真のクラス	損傷あり(枚)	49	6
	損傷なし(枚)	8	183

Precision	0.85
Recall	0.89

道路管理者による教師データ内訳

	枚数(枚)
千葉市	1984 (382)
足立区	4460 (291)
室蘭市	9200 (362)
長久手市	1696 (70)
港南区	9055 (396)
市原市	2544 (150)
総計	31,611 (1651)

※()内は損傷を含む路面画像数

11

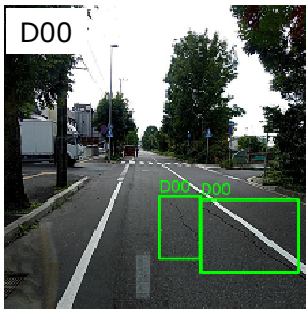
実際の舗装管理で用いる13クラス（目標2）

破損の種類		詳細	発生理由	
ひび割れ	線状ひび割れ	縦方向	車輪走行部	疲労ひび割れ、わだち割れ
		縦方向	施工ジョイント部	施工継ぎ目のひび割れ
			施工ジョイント部やBWP等様々	棟上によるひび割れ
	横方向	間隔が均等	リフレクションクラック、温度応力のひび割れ	
		施工ジョイント部	施工継ぎ目のひび割れ	
	亀甲状ひび割れ	車輪走行部	路床・路盤の支持力低下or沈下によるひび割れ	
舗装面全域		アスファルト劣化、凍結融解によるひび割れ		
部分的		構造物の周辺、表層の剥離によるひび割れ		
わだち掘れ		わだち掘れ		
その他破損		段差		
		ポットホール		
		剥離		
		横断歩道のかすれ		
		白線のかすれ		

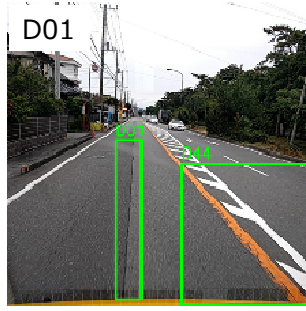
上記13種類のクラス（同一画像内に異なるクラスが含まれることもある）

※緑は損傷程度も合わせて判定（出典）日本道路協会、『舗装の維持修繕ガイドブック2013』

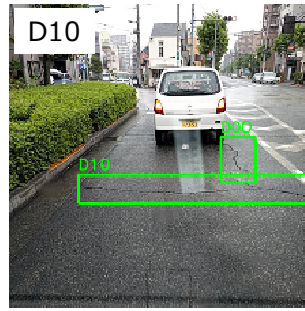
具体的な教師データ



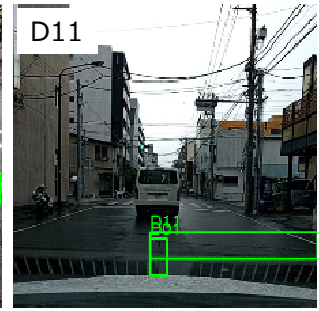
D00
Linear crack, longitudinal, wheel mark part



D01
Linear crack, longitudinal, construction joint part



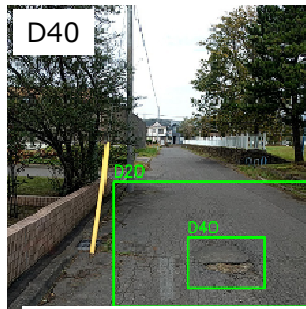
D10
Linear crack, lateral, equal interval



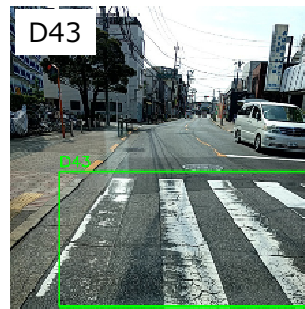
D11
Linear crack, lateral, construction joint part



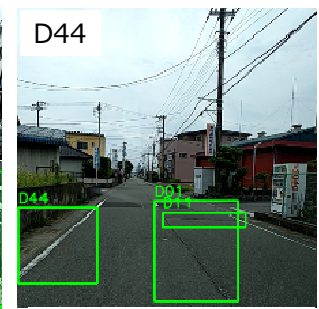
D20
Alligator crack



D40
Rutting, bump, pothole, separation



D43
Cross walk blur



D44
White line blur

Maeda, H., Sekimoto, Y., Seto, T., Kashiyama, T. and Omata, H.: Road Damage Detection and Classification Using Deep Neural Networks with Smartphone Images, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering Vol.33, pp.1127-1141, Wiley, June 2018.

AI道路パトロール員クラス

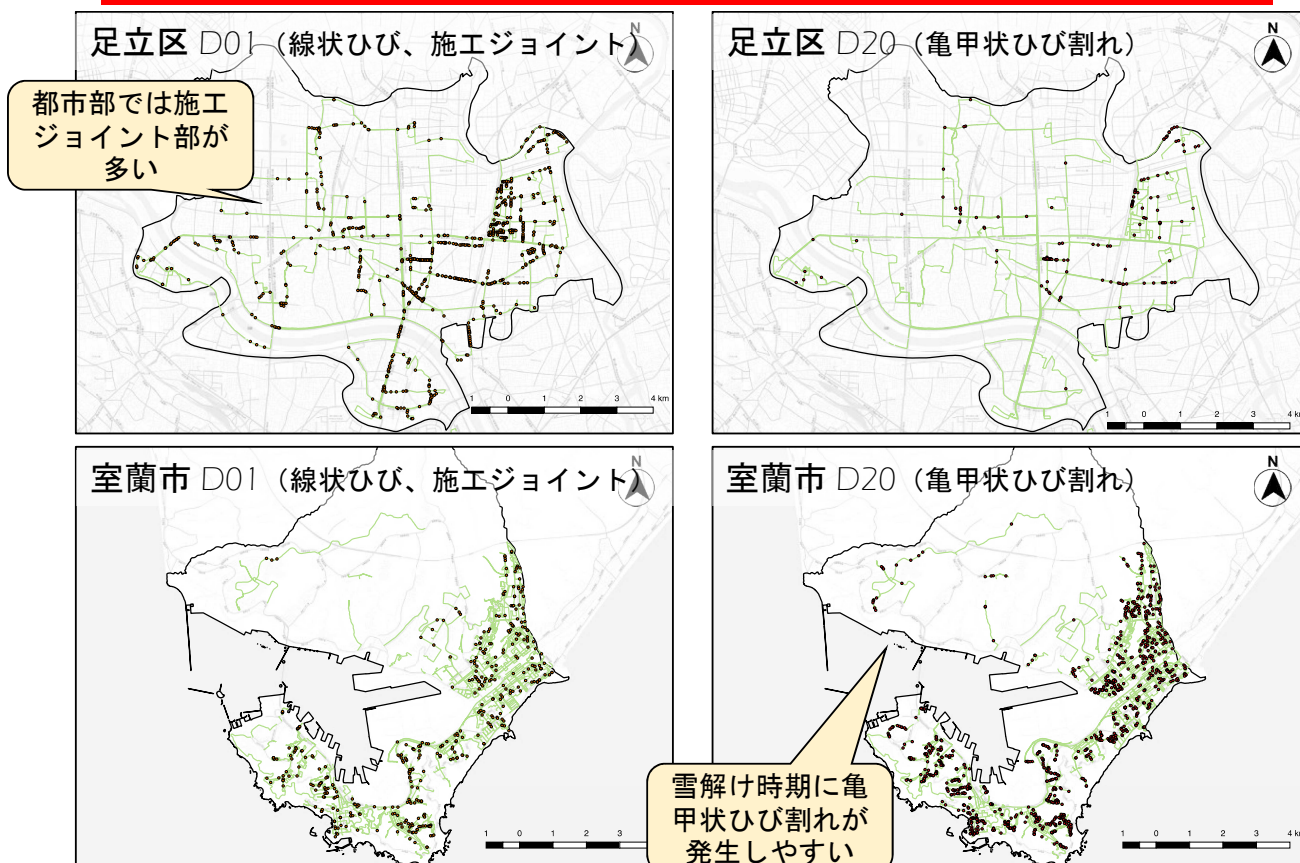


分類精度 (最終)

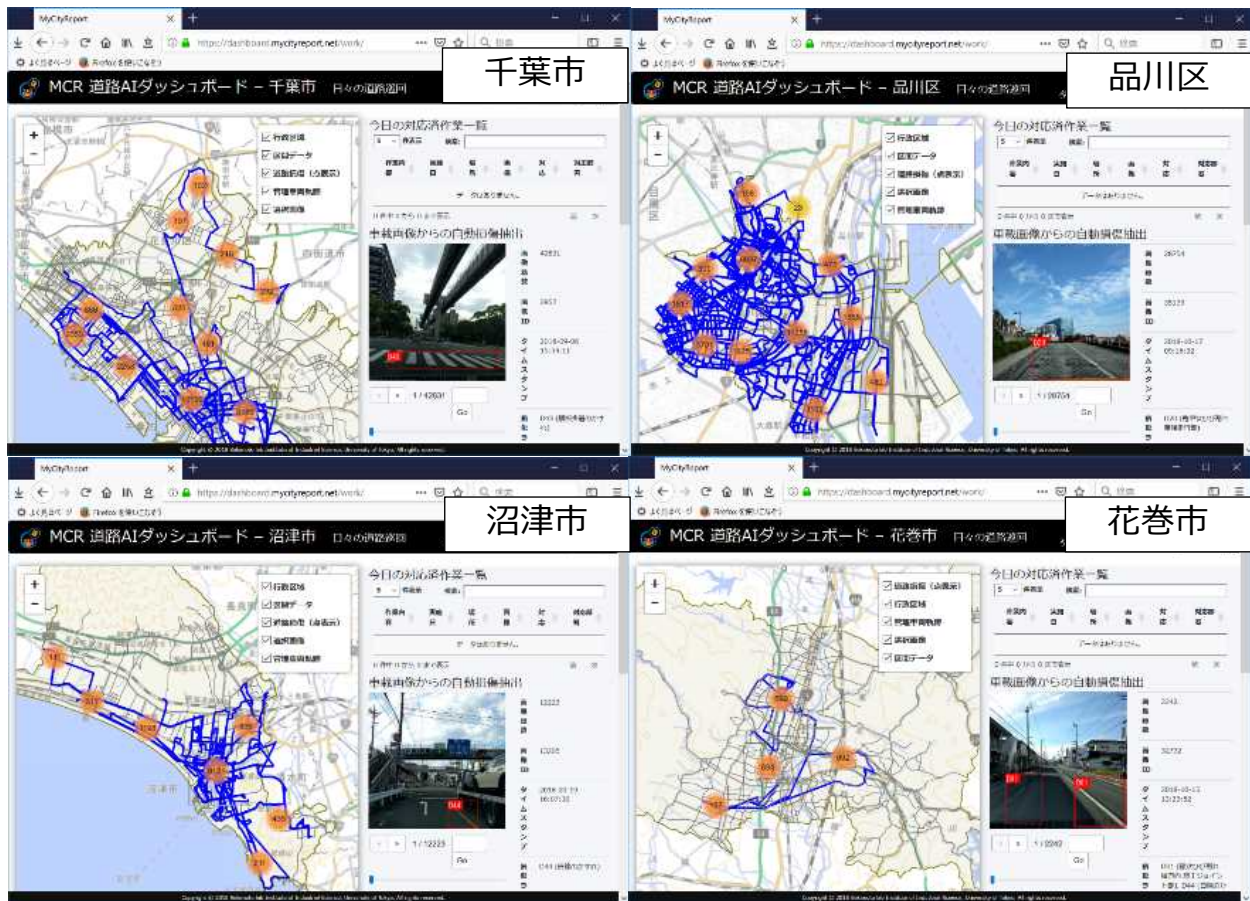
- クラスの再設計や、アノテーションラベルの再精査により、全般的に実用に耐え得る精度となった。

バージョン	D00	D01	D10	D11	D20	D40	D43	D44	備考
2018.1 Arxiv版	Recall: 0.40	0.89	0.20	0.05	0.68	0.02	0.71	0.85	D40をポットホールのみに純化
	Precision: 0.73	0.64	0.99	0.95	0.68	0.99	0.85	0.66	
2019.1 版	Recall: 0.58	0.74	0.11	0.17	0.79	0.59	0.83	0.82	間違いやすいマンホールを独立クラスで追加
	Precision: 0.68	0.82	0.44	0.56	0.80	0.1	0.93	0.78	
2019.2 版		D00+D10			D20	D40	D43	D44	D50
	Recall: 0.47				0.81	0.83	0.82	0.75	0.65
	Precision: 0.72				0.76	0.61	0.86	0.78	0.77
2019.3 版	Recall: 0.33				0.85	0.67	0.75	0.82	0.73
	Precision: 0.73				0.82	0.93	0.85	0.82	0.83
	傷の数: 4938				5669	2453	858	4098	3689
	ファイル数: 3009				4477	1551	812	3297	2736

各自治体における損傷箇所の分布

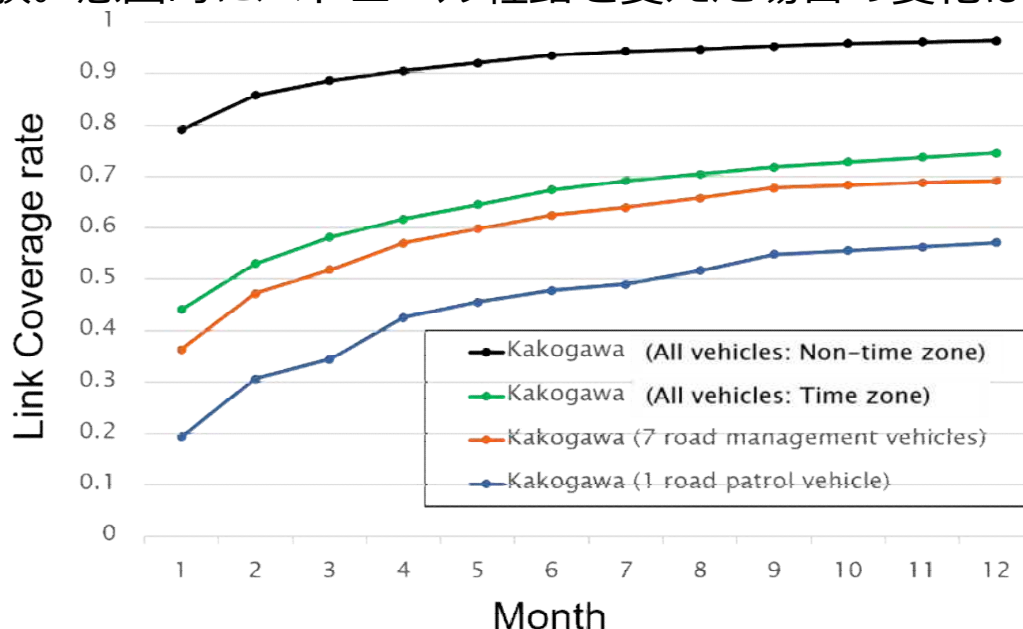


道路パトロール車での日々の運用



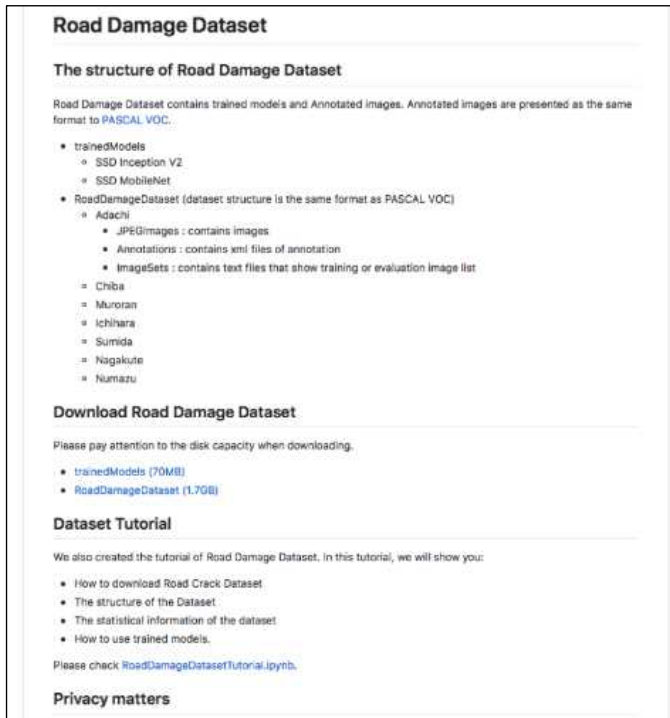
走行期間に応じたリンクカバー率

- 別途プロジェクトで加古川市保有の道路保全課7台の車で日常的に搭載した際、**9ヶ月**で自治体内道路の**70%程度**をカバー。
- 各自治体で自然体で搭載した場合、どの程度蓄積されるかを実験。意図的にパトロール経路を変えた場合の変化はまだ。



道路損傷データセットの公開

- 2018年1月に各自治体の皆様にご協力いただいて収集した道路損傷データ（緯度経度除く）を公開しました（世界初！）



(<https://github.com/sekilab/RoadDamageDetector>)

※プライバシー保護のため、人の顔、車のナンバープレートにモザイクをかけています。

19

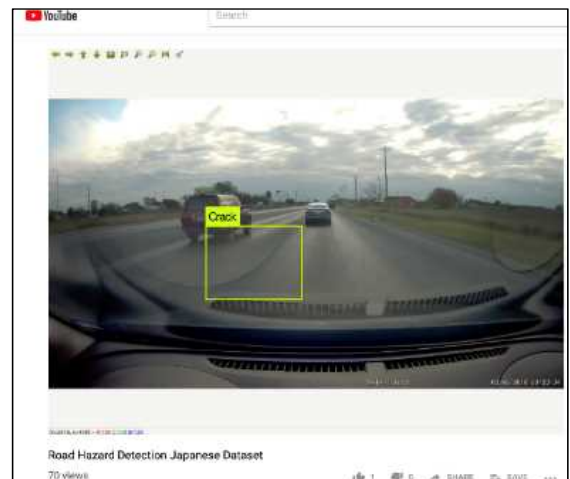
データ公開の効果

- Chainer実装、道路損傷データセットを使った損傷検出@米国等数多くの取り組みが行われている
- その他、CS系の講義で使用していただいているとのこと



chainer実装も！

<https://qiita.com/IshitaTakeshi/items/915de731d8081e711ae5>、最終閲覧日：2019年2月6日



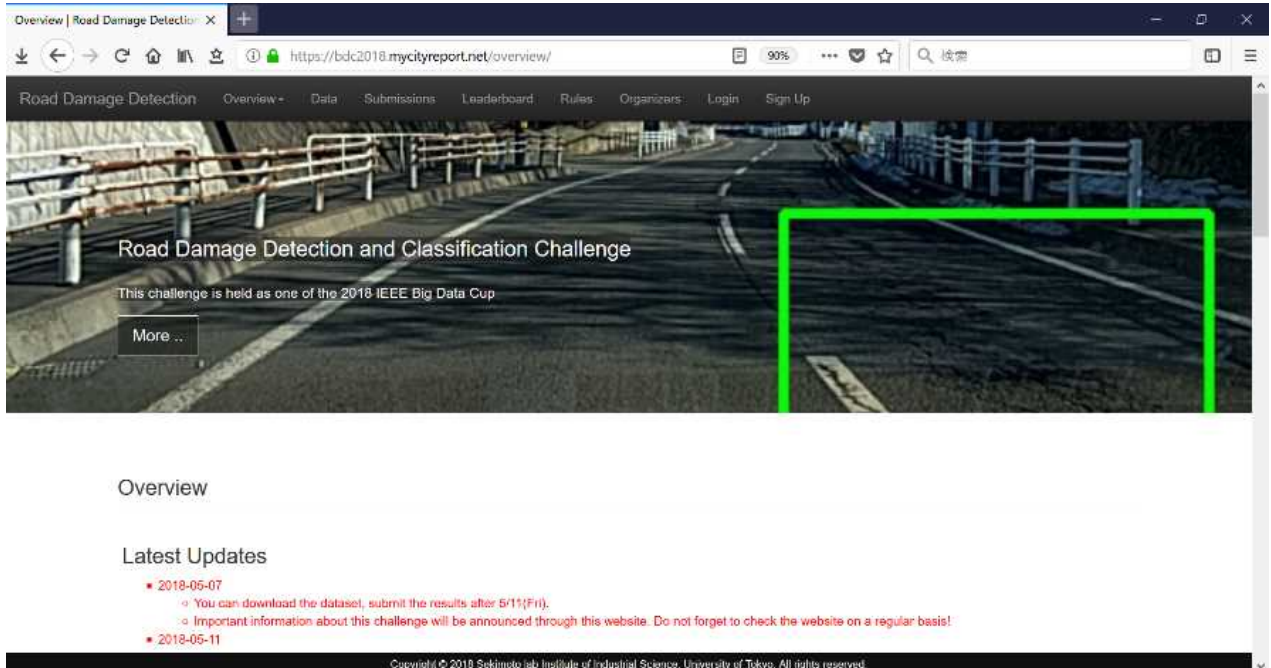
米国での実験が公開

<https://www.youtube.com/watch?v=Ldu2uuMahnU>、最終閲覧日：2019年2月6日

20

世界の研究者がすぐつながる

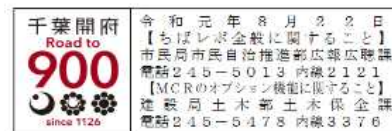
- IEEE Bigdata@Seattleのワークショップの一つとして、Road Damage Detection and Classification Challenge 2018を開催 (2018/6/10-11/20)
- 14カ国59チームが参加



MCRコンソーシアム運用開始 (2019.4)

<https://www.mycityreport.jp/>

参加自治体
(2019-9 現在)



市民向けアプリ
の一般利用も
いよいよ開始

次期ちばレポのシステムとして「My City Report」を9月から運用開始します

千葉市では、平成26年度から、身近な地域課題についてICT（情報通信技術）を使って市民がレポートし、市民と行政、市民と市民の間で課題を共有し、合理的、効率的に解決することを旨とする「ちばレポ」を運用しています。

このたび、システムの更新時期を迎えるため、東京大学が中心となり、ちばレポをベースに開発してきたシステムであるMy City Report（以下MCR）を、次期ちばレポとして9月から運用開始しますので、お知らせします。

1 経緯

- (1) ICTを活用し、まちの不具合を市民と行政の協働により解決するためのシステムである「ちばレポ」の利用期間は、平成26年9月～本年8月の5年で、更新時期を迎える。
- (2) 平成28年から現行ちばレポをベースに東京大学が中心となり開発してきたMCRが、本年4月から本市を含む複数の自治体等が参加するコンソーシアムで共同運用を開始している。
- (3) 千葉市は、本年9月からMCRを次期ちばレポのシステムとして運用開始する。

MCRが自治体横展開の典型として 9月3日内閣官房の自治体ピッチで紹介

第1回 自治体ピッチ プログラム概要

第1部 13:20~14:30	AIを活用した業務支援
13:20-13:40	My City Reportコンソーシアム 次世代型市民協働プラットフォーム「My City Report」 市民投稿サービス (MCR for citizens)とAIを用いた道路損傷検出サービス (MCR for road managers)
13:45-14:05	国立研究開発法人産業技術総合研究所 児童虐待対応の質の向上を支援するAIソリューション「AiCAN」 関係機関との情報共有と、データに基づくリアルタイム意思決定支援プラットフォーム
14:10-14:30	富士通株式会社 会議録作成支援ソリューション AI活用による会議録作成を容易に実現

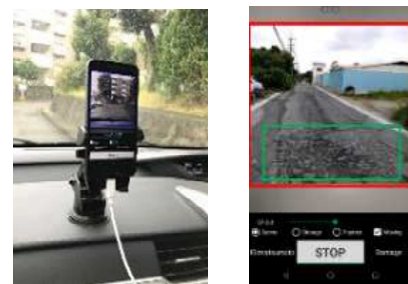


市民向けと道路管理者向け

MCRスマートフォンアプリ



AIによる道路損傷自動検出アプリ Road Damage Detector



MCR管理者用Webシステム



道路管理AI ダッシュボード Road Damage Detector Dashboard



市民協働向け
for citizens

道路管理者向け
for road managers

運用開始後の細かい話 ・ ・

アプリ改善 1

- 道路領域検知機能を追加することで、空や電線、住宅壁面を道路損傷と予測することを防止
- 品川区で取得された損傷候補画像**28,753枚**のうち、**747枚**の画像が道路領域以外を誤検知していたが、道路領域検知機能の追加により、全ての誤検知をなくすことに成功

2019年6月時点

スマートフォンに映り込む全景に対して損傷検出処理を実施。空や電線、住宅壁面等、損傷と特徴が似ているものを誤判定することがあった。

品川区における誤検知：**747枚 / 28,753枚**



落石防止壁をポットホールと誤判定

2019年9月時点

道路領域検知機能を追加し、道路領域のみに対して損傷検出処理を実施。道路領域以外の誤判定を防止できるようになった。

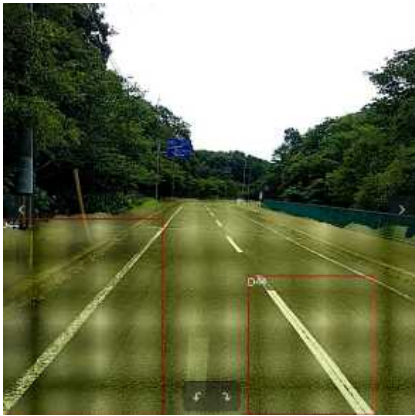
品川区における誤検知：**0枚 / 28,753枚**



道路領域検知の例（黄色のエリアが道路）

[参考] 道路検知機能

- 商用利用可能な道路セグメンテーションデータセットである**ADE20k**を用いて道路領域検出モデルを構築
- スマートフォンアプリ上に上記モデルを搭載することで、**道路領域外の誤判定を防止**
- 道路領域検出モデルを搭載することで、スマートフォン上の処理速度は、1フレームあたり**0.5秒→0.6秒と0.1秒増加**したが、実用上問題ない範囲



道路領域検知の例（黄色のエリアが道路）



道路領域検知の例（黄色のエリアが道路）



道路領域検知失敗の例
（スマホの設置角度によっては、道路領域が正しく検出できない）

アプリ改善 2

- 道路領域に対するオートフォーカス機能を追加することで、道路領域がぼやけることによる検出もれを防止
- ただし、スマホの設置角度等によって、ボンネットやフロントガラスの反射にフォーカスしてしまうこともあることにはご注意ください

2019年6月時点

オートフォーカス機能がなかったため、道路領域がぼやけてしまい、損傷が潰れ、検出もれが発生することがあった。



2019年9月時点

道路領域に対するオートフォーカス機能を実装したことにより、道路領域にフォーカスすることができるようになった。損傷領域を鮮明に撮影できるようになったため、検出精度が向上。

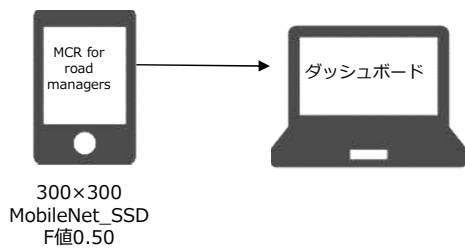


アプリ改善 3

- スマートフォンのみではなく、**ダッシュボード側でも** 損傷判定処理を実施することで、小さな損傷箇所の見逃しを削減
- スマホ側では300x300 pixelの画像を処理しできるだけ見逃しがないように大雑把な判定、サーバー側では600x600 pixelの画像に対して損傷検出モデルを処理しできるだけ誤検知を減らす

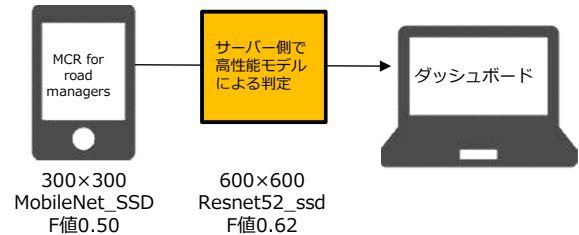
2019年6月時点

スマートフォン側のみで判定処理を実施。処理速度の観点から、入力画像は300x300 pixelにリサイズしているため、損傷箇所が潰れてしまい、見逃しや誤検知が多数発生。



2019年9月時点

より高性能な判定モデル（600x600 pixel）をサーバー側で処理するように変更。小さな損傷の見逃しを防止するとともに、誤検知も減少。



29

アプリ改善 4

- 2018-2019年の期間における、各自治体の道路管理者の判定等を活用し、教師データとして約7,000箇所の損傷データを追加
- 教師データの増加に伴い、損傷検出モデルの汎化性能が向上

2019年6月時点

表：教師データ数（矩形の数）

D00+D10	D20	D40	D43	D44	D50
6,302	6,374	2,571	8,57	4,098	3,981

2019年9月時点

表：教師データ数（矩形の数）

D00	D10	D20	D40	D43	D44	D50
5,006	4,912	7,849	2,798	919	4,982	4,523

30

アプリの改善による精度向上

- 4点の改善により、道路損傷の検出精度が大幅に改善
 - 道路検知機能（改善1）
 - オートフォーカス機能（改善2）
 - サーバー側の判定処理（改善3）
 - 教師データ追加（改善4）

2019年6月時点

表：判定精度

	D00+ D10	D20	D40	D43	D44	D50
Precision	0.20	0.72	0.65	0.67	0.80	0.63
Recall	0.75	0.88	0.82	0.92	0.83	0.89

2019年9月時点

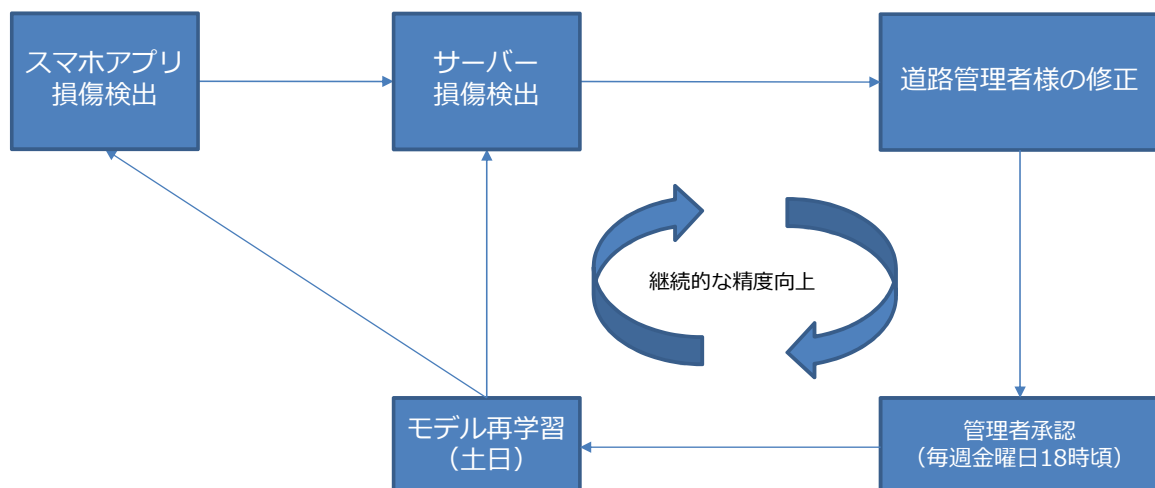
表：判定精度

	D00	D10	D20	D40	D43	D44	D50
Precision	0.73	0.29	0.87	0.83	0.71	0.88	0.88
Recall	0.56	0.58	0.89	0.79	0.87	0.73	0.84

※第一回時点と第二回時点で評価データが異なるため、厳密な比較ではない

ダッシュボード改善 1

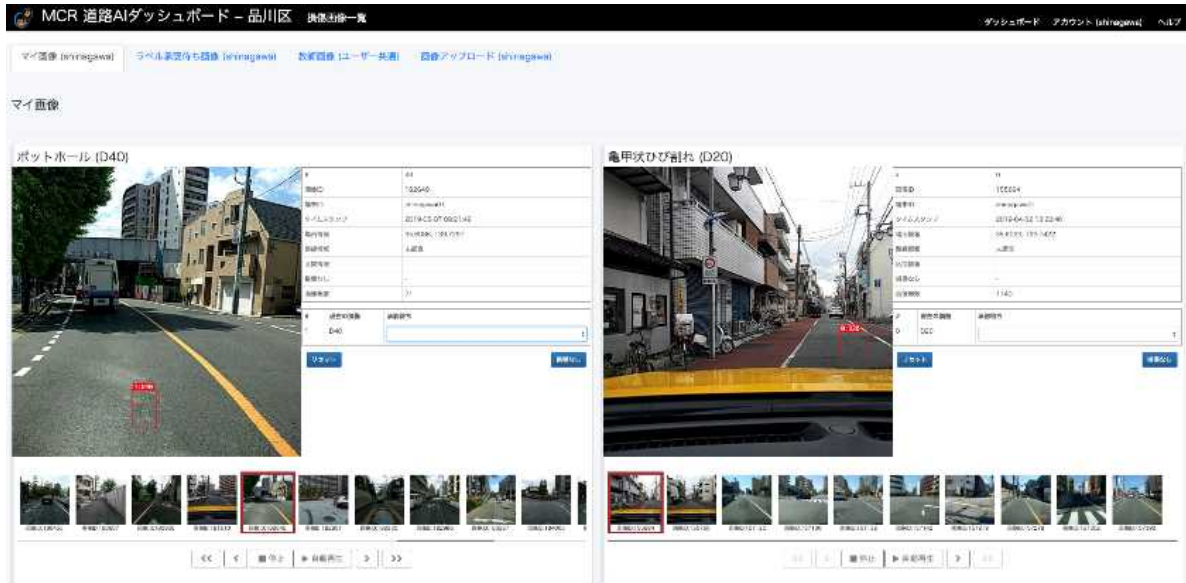
- 自動学習機能の運用開始
 - 日々増える教師データでモデルを再学習
 - スマホアプリ、サーバー側のモデルを継続的にアップデート



※自動学習機能は10/25（金）から正式に運用を開始します。

ダッシュボード改善 2

- 判定アルゴリズムの改善を過去のデータにも適用するため、2018年～現在まで蓄積されている道路画像27万枚について、新しいアルゴリズムで判定処理を実施し、判定結果を入れ替え
- 本日以降の新しいデータについては新しいアルゴリズムで判定処理を実施する



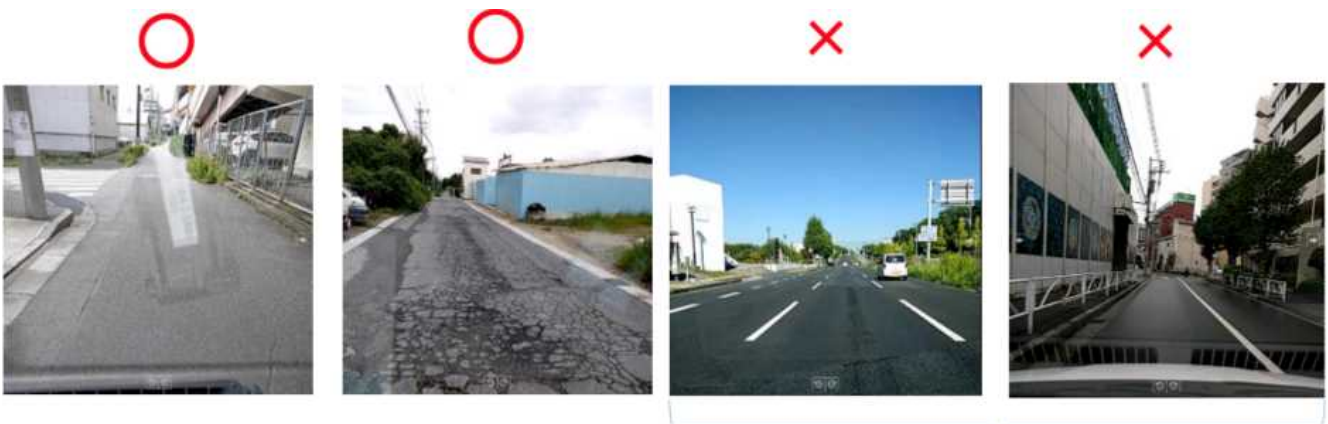
33

現状の課題1

- スマートフォンの設置角度により、道路路面がはっきりと映らない場合に、道路損傷を検出できない

対応策

スマートフォンの設置角度が浅い場合にアラートを出す機能を追加



カメラの角度が浅い場合、傷の種類が判別できない。

スマホの設置角度による撮影画像の違い
(マニュアルp.8)

34

現状の課題2

- これまでの改善により着実に精度向上しているが、木陰、点検車両のダッシュボード、舗装パターン等を損傷と誤判定することがある



教師データのカテゴリを増やす、新しいアルゴリズムの追加



木陰



ダッシュボード



舗装パターン

誤判定の例

評価項目

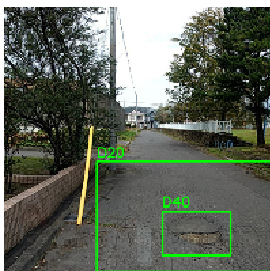
- ポットホール等損傷の個数をカウントできる場合と、損傷が面的に広がるために個数のカウントが難しい場合を分けて評価する。
- 簡易なひび割れ率評価（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）につなげる事を実施中。

点で評価する損傷

D40、D43はそれぞれの損傷箇所にユニークIDを付与し、重複を許さない評価を実施

評価1：損傷数カウント

評価2：損傷総発生量のうち検出割合



D40：ポットホール



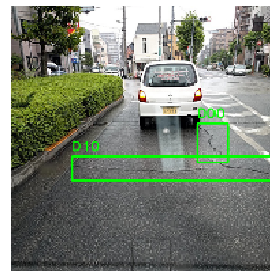
D43：横断歩道かすれ

面で評価する損傷

D00、D10、D20は、損傷が面的に広がり個数カウントが困難であるため、一定距離ごとのひび割れ率で評価を実施

評価1：矩形の数をカウント

評価3：ひび割れ率の測定精度



D00：線状ひび割れ（縦）
D10：線状ひび割れ（横）



D20：亀甲状ひび割れ

※D01、D11施工ジョイント部は道路管理者の対応優先順位が低いいため、今回は評価を実施しない

留意事項

- スマホ・ドラレコだと近接な路面性状調査とは異なり、遠目からのアングルのため限界もあるが、撮影頻度＝パトロール頻度になるので同じ損傷を日時や多少の角度を変えて、何回もデータが蓄積されてくるため、損傷の時系列変化モデルへの展開可能性もあり。
- AIの部分は技術的にはほぼ問題ない。Small Startでどんどん現場導入で試行錯誤をしていくべき。新しい事を欲している若い職員もたくさんいる。ただし、継続的な試行錯誤を可能にするために、外部と連携していく必要あり。発注役務だけでは発注者の指示待ちになるので難しい（事が多い）。
- また、日常業務の中でどの部分を優先させたいかはっきりすべき。1日あたりの点検報告調書に上がってくるものはあまり多くないよう。
- 本音を言えば、予算・人員な潤沢な国道はあまり心配していない。自治体だと管理延長が長く、職員や予算も少ないのでインセンティブはそれなりにある。むしろ国は技術を積極的に使って、PPPなども含め広域連携の枠組みを積極的に進め、県・市の道路管理者のサポートを指向していくべきではないか。

37

ありがとうございました！
sekimoto@iis.u-tokyo.ac.jp