

# AIを用いた海岸管理手法の開発と 海岸管理DXに向けた提案

清水 利浩<sup>1</sup>・桐生 翔<sup>1</sup>・眞井 里菜<sup>1</sup>・小藪 剛史<sup>2</sup>・  
望月 優生<sup>3</sup>・久保山 敬介<sup>3</sup>・木下 明<sup>4</sup>・黒滝 秀平<sup>5</sup>

<sup>1</sup>国土交通省 北陸地方整備局 新潟港湾・空港整備事務所 海岸課  
(〒951-8011 新潟市中央区入船町 4-3778)

<sup>2</sup>正会員 いであ (株) 防災情報システム部 (〒154-8585 東京都世田谷区駒沢 3-15-1)  
E-mail: koyabu@ideacon.co.jp (Corresponding Author)

<sup>3</sup>いであ (株) 防災情報システム部 (〒154-8585 東京都世田谷区駒沢 3-15-1)

<sup>4</sup>(一社) 日本マリーナ・ビーチ協会 調査研究部  
(〒102-0083 東京都千代田区麴町 4-5 海事センタービル 2 階)

<sup>5</sup>正会員 (一社) 日本マリーナ・ビーチ協会 調査研究部

近年、新型コロナウイルス感染症拡大を防止するため、海岸利用者においても「新しい生活様式」の実践が求められている。本研究では、感染リスクを低減させる海岸管理を行う方法として、海水浴等の海岸利用者に対し、適切な情報発信を行うために、AIカメラを独自製作し、低電力かつプライバシーに配慮しながら、リアルタイムで混雑状況を把握・配信する手法を開発した。開発したシステムを新潟市東区にある山の下船江浜海水浴場に設置し、海岸利用者を検出するAIの精度を検証した結果、学習済みのモデルを用いても、十分な精度を持って、リアルタイムで混雑状況を自動配信できることがわかった。さらにAIを活用することで混雑状況だけでなく、今後の海岸管理の課題を解決する方向性（海岸管理DX）についても提案を行った。

**Key Words :** *coastal management, beach user, AI, congestion condition monitoring system, DX*

## 1. はじめに

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は、2019年12月に確認されて以降、未だ世界的に感染が拡大している。新型コロナウイルス感染症拡大を防止するため、海岸利用者においても、「新しい生活様式」の実践が求められている。また、近年、AIを活用し、様々な課題解決が図られている。海岸管理においても、AIを用いて人の密の状態を定量的に調べる方法の開発<sup>1)</sup>や陸開閉状況の判別<sup>2)</sup>、さらに、AIによる溺水者を検知<sup>3)</sup>するなどの研究がされている。

本研究では、感染リスクを低減させる海岸管理を行う方法として、海水浴等の海岸利用者に対し、AIを活用し、人力を介さず、リアルタイムで混雑状況を把握し、情報発信を行うシステムを開発することを目標とした。混雑状況を把握するために、インターネットに接続でき、カメラ機器内で解析ができるカメラ（以降、AIカメラと称する）を独自製作した。このAIカメラを現地に設置し、混雑状況を把握できるかどうかを検証した。

さらに、AIを活用することで混雑状況だけでなく、今後の海岸管理の課題を解決する方向性（海岸管理DX）についても提案を行った。

## 2. AIカメラの製作

### (1) AIカメラの機能

開発したAIカメラは、表-1に示す機能を満たすものとして製作した。

表-1 開発したAIカメラの機能一覧

機能	要件
利用状況把握	人を検出し、人数・位置の把握
広範囲把握	広角レンズに交換可能
プライバシー配慮	顔認証を行わない
安定稼働	海岸利用時間（昼間）に安定稼働
ネットワーク	インターネット接続可能
省電力・防水	商用電源利用不可の対応

## (2) AIカメラの構成

AIカメラの構成は、カメラ単体でも人を検出できる機能を持たせるために、シングルボードコンピュータであるRaspberry Pi 4 Model B(以降、ラズパイと称する)を組み込んだ。また、様々な海岸に対応できるように、レンズ交換が可能な仕様とした。今回の検証では、広角レンズ(水平視野角130度)のレンズを装着した。リアルタイムで人数を検知し、そのデータおよび写真データをクラウドサーバに送信するために、携帯通信網(AU回線)に接続できるモバイルルーターおよびデータ保存バックアップ用のSSDを接続する構成とした。(図-1)

上記のすべての機器一式について防水機能を有するカメラハウジングに内蔵した(写真-1)。

## (3) AIによる人の検知方法

人の検知は、物体検知のAIモデルであるYOLOv5<sup>4)</sup>を用いた。人数算出は、ラズパイ内でも可能であったが、今回は、クラウドサーバで解析を行った。

## (4) 省電力方法と写真解像度

各機器の設計上の消費電力を合計すると約10wで、現地で計測すると約12wであった。また、できるだけ電力消費を抑えるために、昼間だけの稼働となるよう、タイマー式コンセントを設置し、5時から21時の16時間だけ電源をオンとした。写真撮影プログラムは、6時から20時の14時間とした。写真データの解像度は、FullHD画質(1920 x 1080ピクセル)とした。

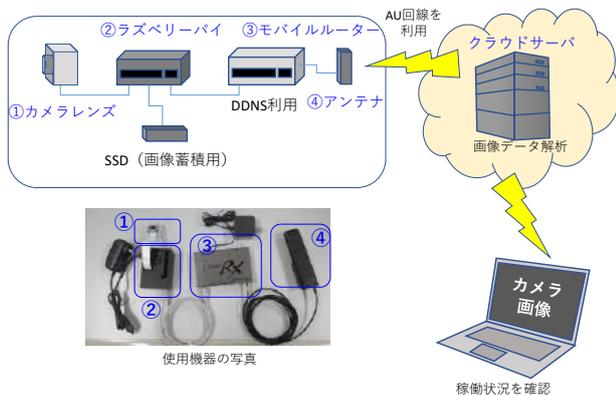


図-1 独自製作したAIカメラの構成



写真-1 AIカメラの外観

## 3. 現地実証実験

### (1) 対象海岸と撮影範囲

対象海岸は、新潟県新潟市東区の山の下船江町海水浴場とした。本海水浴場は、新潟市内にあり、新潟空港に隣接しているため、海水浴を楽しみながら、飛行機の離発着を眺めることができる。休日には、のべ2千人以上の利用客となる人気の海水浴場である。

AIカメラの設置場所は、汀線から60m離れた監視施設に隣接するスピーカー支柱に設置した。撮影範囲は、消波ブロックに囲まれた東西方向に約240mの範囲である(図-2)。

### (2) 検証方法

AIカメラによって撮影される静止画像は、広角レンズにより、遊泳区域全体を撮影できている(写真-2)。

まず、撮影された画像(写真-2)から、混雑状況を把握するため、利用客が最も多い汀線付近の画像を抽出した(写真-3)。

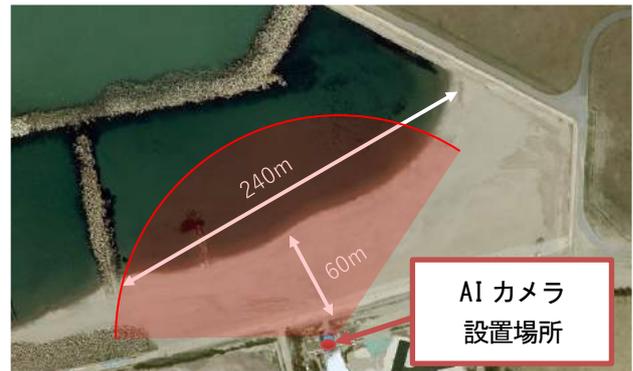


図-2 山の下船江町海水カメラ視野角範囲平面図(航空写真;国土地理院)



写真-2 AIカメラでの写真撮影例



写真-3 人数計測範囲(汀線付近)を抽出した例

つぎに、抽出された画像内の人数を目視とAIによる計測を実施し、計測人数の比較検証を実施した(図-3)。

### (3) 検証結果

期間は、2021年7月22日から7月28日の1週間とし、9時から17時の1時間毎の撮影画像、計63枚について、目視計測とAIによる検知人数を比較検証した。

AIによる人検知結果の例をみると、人を検出できていない場合やテント内の人影、一人用テントは検出できていない場合もある(図-4)。画像の不鮮明さが要因と考え、オープンソースのコンピューター・ビジョン・ライブラリであるOpenCV<sup>5)</sup>を使って、写真データの画像鮮明化の前処理を実施した。しかし、人数計測精度の違いはみられなかった。そこで、AIによる人数計測に用いる画像は、AIカメラで撮影したオリジナルの画像を用いることとした。なお、目視による人数計測時には、一人用テントと認識できたものは、1人と計測した。

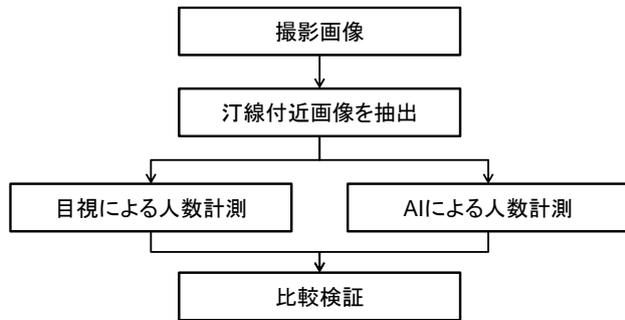


図-3 検証フロー



図-4 AIによる人検知結果例(赤枠)

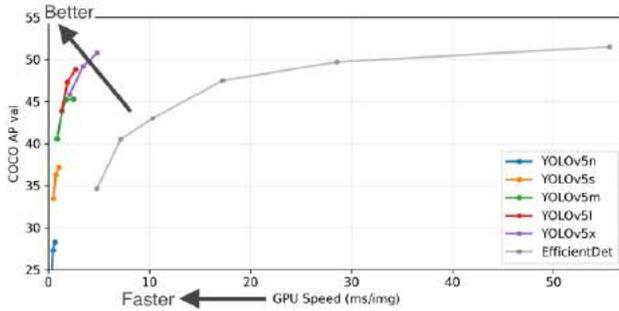


図-5 学習済みAIモデルの特性

まず、物体検知の学習済みモデルの精度比較を実施した。YOLOv5の学習済みモデルのうち、v5s、v5m、v5x、v5lの4つを比較検証した。v5nについては、平均適合率APが低いため、今回の比較検討から除外した。この学習済みモデルの特性<sup>4)</sup>は(図-5)、検知処理速度は、v5sが最も早く、v5m、v5l、v5xの順で遅くなる。一方で、COCOの検証データ(val)を用いた平均適合率AP(Average Precision)は、v5xが最も高く、v5l、v5m、v5sの順で低くなる。ここでCOCOとは、物体検出・セグメンテーション・人物姿勢等のラベルを含むデータセットである。

それぞれの各学習済みモデルについて、目視人数をy、AI自動計測人数をxとした場合、 $y = \alpha x$ で近似式を算出した。その結果、v5s、v5m、v5x、v5lの $\alpha$ は、それぞれ1.5199、1.6528、1.4636、1.6192となった。最も $\alpha$ が1に近い、すなわち精度の高いモデルはv5sであったが、 $R^2$ が0.8196と低かった。つぎに精度が高いモデルは、v5sで $R^2$ が0.9372と最も高かった(図-6)。そこで、混雑状況の評価することに用いる学習済みモデルは、v5sとした。高速に処理できることも採用の理由である。

学習済みモデルv5sで得られた $\alpha = 1.5199$ を用いて、目視による人数との日時比較を実施した(図-7)。その結果、混雑状況を把握する目的であれば、学習済みモデルを用いても、混雑状況の傾向を把握でき、リアルタイムで混雑状況を自動配信できることがわかった。

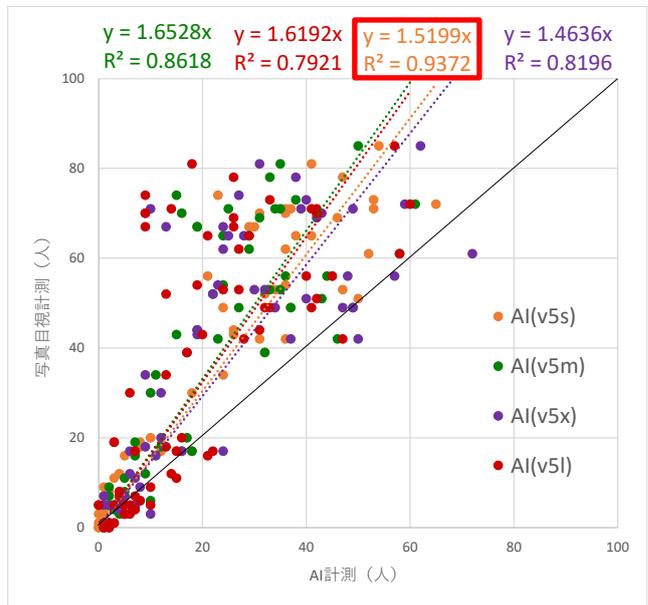


図-6 学習済みモデルの違いによる人検知数の比較

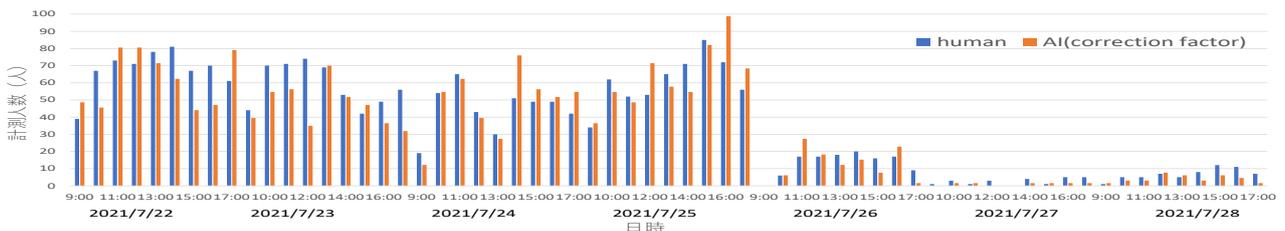


図-7 目視計測と補正AI計測による日時比較図

#### (4) 混雑状況の定義と運用手法案

新型コロナウイルスの感染予防として、人の間隔を2m離れることが推奨されている。海水浴場はマスクを着用しない利用者のほか、飲食が伴う恐れがある。対人間の距離は、より安全側で設定するほうが望ましい。海水浴場で最も人気のある場所は汀線付近である。山の下舟江町海水浴場の汀線幅は約240mであるので、2mの間隔を確保すると、理論上、最大で120名となる。倍の4m間隔では60名となる。

AIカメラでの人数計測した期間内で撮影された実際の画像から、目視計測人数と最大の利用者間隔を示す(図-8)。目視計測の人数が65名であった7/24の11時では、最大の人の間隔は6m程度であった。さらに7/22の14時では、目視人数が81名であった。この時点は明らかに混雑しており、最大の人の間隔は5m程度であった。そこで、図-8から山の下舟江町海水浴場の場合、混雑状況を判定する閾値を80人程度とした。人の間隔は、推奨値の2.5倍程度の5mとなった。

本システムの開発目標は、リアルタイムに混雑状況を配信することである。山の下舟江町海水浴の場合の運用手法としては、混雑状況を判定する閾値である80人未満を「空いています」、80人以上を「混雑しています」と1時間毎にスマートフォン対応のホームページで配信することで、海岸利用者の密となる状態を軽減することができる。

## 4. 結果

本実証実験で得られた主要な結論を以下に示す。

- 1) 現地海岸において、海岸利用者を検出する実証実験を行った結果、物体検知AI(YOLOv5)の4つの学習済みモデルの精度を比較検証した結果、高速で処理できるv5sが最も精度が高かった。なお、対象距離は60m、水平視野範囲は240mであった。
- 2) 学習済みモデルでは、テントや小さな人影を検出することができなかった。そのため、目視と比較してAIによる計測人数は少なかったが、相関式による補

正を行うことで、混雑状況を自動配信できる精度を有することがわかった。

## 5. 今後の展望(海岸管理DXに向けて)

近年、様々な業種、ビジネスで用いられているDX(Digital Transformation)という言葉は、2004年にスウェーデンのウメオ大学教授であるエリック・ストルターマンらが発表した論文の中で提唱されたのが起源だと言われている<sup>9)</sup>。論文では、DXを「ITの浸透が、人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」と定義している。

本研究では、海岸管理の中でも海岸利用人数および位置についてAIを活用して自動でデジタル化し、オンライン化することでリアルタイムに混雑状況を配信するシステムを開発した。今後は、海岸利用者だけでなく、様々な海岸管理に関わる人がアナログで管理している行動をAIや画像解析技術を活用してデジタル化し、人々の生活をより良い方向に変化させることができる。

海岸管理DXを以下のように定義するとともに、現在の海岸管理の3つの課題について、具体的な課題を解決する方向性について示す。

海岸管理DXとは、「人が海岸管理に関わるプロセスを自動でリアルタイムにデジタル化させ、様々なデータをオンライン化して連携し、AIを活用することで、海岸に関わる人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させ、人々の生活の価値を高める」と定義する。

ここで、大切なキーワードは、自動、デジタル化、オンライン、AIで、対象は人々である。

### (1) 安全な海岸利用

本研究で、安全な海岸利用に関わる混雑状況の配信システムについて、具体的な手法を示した。本研究から、さらに価値を高めるには、混雑度や利用状況を推論させるAIを開発する必要がある。そのためには、天気、気温、海水温、風向・風速などが計測かつデジタル化し、オンライン化された情報と連携する必要がある。さらに今後、



図-8 対象海岸の混雑状況と最大間隔

海岸利用者を把握するカメラの整備とネットワーク化を行い、AIの教師データを整備する必要がある。

(2) 海岸保全施設の管理

海岸保全施設については、老朽化等の課題がある。現在、人が点検・監視している状況であるが、UAVを用いた海岸堤防の変状自動抽出手法<sup>7)</sup>等、AIが活用され、実用化が進んでいる。今後は、オンラインで点検・監視活動記録を自動でデジタル化する必要がある。また、海岸保全施設の点検結果と気象情報等がデジタル化されれば、損傷度を予測するAIの開発も可能となる。

(3) 海岸漂着ゴミ対策

海岸漂流ゴミ対策についても同様、海岸にカメラを設置し、AIが自動でゴミを計測しつつ、オンラインデータベース化をすることで、リアルタイムに漂着ゴミの状況を把握・配信することが可能である。さらに、風向・風速、潮位、波高・波向等の気象・海洋情報と漂着ゴミ情報から、漂着ゴミを推論するAIを開発することで効率的な漂着ゴミの回収計画や衛星データを活用した海洋浮遊ゴミの把握情報<sup>8)</sup>等と連携することで、有効な漂着ゴミ対策を検討することが可能となる。

上記の海岸管理の3つの課題について、具体的な課題を解決する方向性（海岸管理DX）のプロセスを図-9にとりまとめた。

6. おわりに

以下に今後の課題を示す。

- 1) 混雑状況の把握と配信システムについて、物体検知AIの学習済みモデルでの有用性を示すことができたが、海岸利用者数の精度を高めるためには、一人用テントの検出、小さな人影の検出ができるよう、海岸の特性に合わせた独自データを学習する必要がある。
- 2) プライバシー対策として、顔認証を使用しなかったが、さらにプライバシー保護、省電力やコスト削減を実施するためには、写真データの保存やクラウドサーバへのアップロードを実施せず、現地カメラ内で人数を検出し、混雑状況のみの判定情報をクラウドサーバへアップロードする手法も考えられる。
- 3) 海岸管理DXについては、3つの課題のみの提示であったが、今後、AI、センシング技術、6Gや衛星通信などの通信インフラの高度化など、技術革新によって、様々な課題が解決できることになると予測されるため、様々な技術を融合させる必要がある。

参考文献

- 1) 島田良, 石川仁憲, 澤頭良介, 小峰力: AIを用いたCovid-19危機下における海岸利用状況の変化に関する研究, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol. 77, No.2, I\_199-I\_204, 2021.
- 2) 大井邦昭, 三上信雄, 明田定満, 佐伯公康, 上岡洋平,

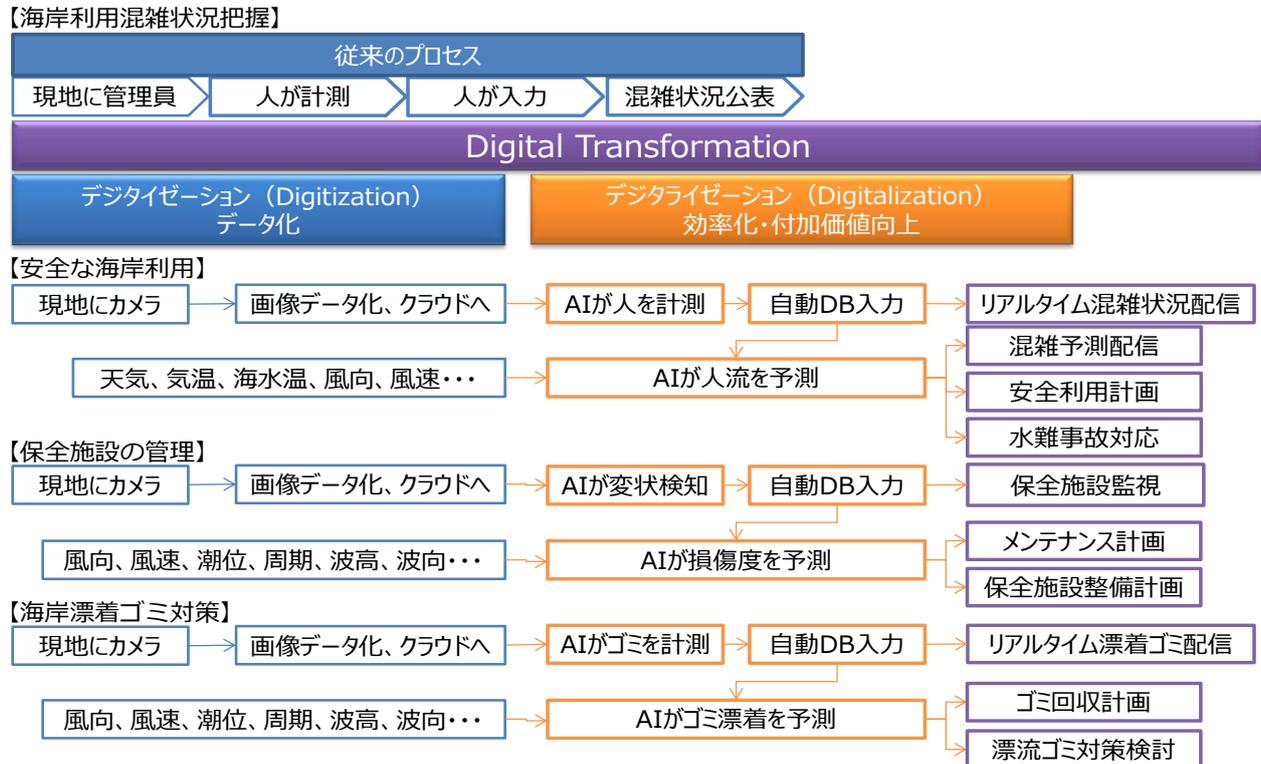


図-9 今後の海岸管理の課題を解決する方向性（海岸管理DX）のプロセス一例

- 藤田孝康, 市村康: 画像認識技術(画像 AI)を用いた海岸陸側監視(モニタリング)システムの開発, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 77, No.2, I\_715-I\_720, 2021.
- 3) 田中理久, 島田良, 石川仁憲, 小峰力: AIによる溺水者検知機能の開発, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol. 76, No.2, I\_1019-I\_1024, 2020.
- 4) Ultralytics YOLOv5: <https://github.com/ultralytics/yolov5> (accessed on 14 June 2021)
- 5) OpenCV: <https://opencv.org/>
- 6) Erik Stolterman, Anna Croon Fors (2004) "Information technology and the good life" Information Systems Research Relevant Theory and Informed Practice, pp.687-692.
- 7) 水上幸治, 白谷栄作, 桐博英, 関島建志, 金子俊幸, 大石哲, 豊福恒平: UAVによる海岸堤防の点検効率化のための変状自動抽出手法, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 74, No.2, I\_1435-I\_1440, 2018.
- 8) 作野裕司, 森本雅人: 海岸のプラスチックゴミ検出のための近赤外分光反射率特性と衛星からの検出可能性, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 74(2), I\_1471-I\_1476, 2018.

(Received February 3, 2022)

(Accepted May 9, 2022)

## DEVELOPMENT OF AI-BASED COASTAL MANAGEMENT METHODS AND SUGGESTIONS FOR COASTAL MANAGEMENT DX

Toshihiro SHIMIZU, Syo KIRYU, Rina SANEI, Tsuyoshi KOYABU, Yuuki MOCHIZUKI, Keisuke KUBOYAMA, Akira KINOSHITA and Syuuhei KUROTAKE

In recent years, beach users have been required to practice a "new lifestyle" in order to prevent the spread of novel coronavirus infection. In this study, we developed a method for beach management that reduces the risk of infection. The developed system, based on a proprietary AI camera, is capable of monitoring and distributing real-time information on the crowded beach to beachgoers, including bathers, while maintaining low power consumption and privacy. The developed system was installed at the Yamanoshita Funahama beach in Higashi-ku, Niigata City, and the accuracy of the AI in detecting beach users was verified. The results showed that the system could automatically distribute congestion information in real time with sufficient accuracy, even using a pre-trained model. Furthermore, we proposed a direction (Coastal Management DX) to solve not only the congestion situation but also future coastal management issues by utilizing AI.