

海水浴場開設期間の砂浜温, 海水温, 気温

Temperatures of the sand, sea water and air at the beach during the summer season

次世代教育学部こども発達学科

小崎 遼介

KOZAKI, Ryosuke

Department of Early Childhood Development

Faculty of Education for Future Generations

大阪大学基礎工学研究科

丹治 和也

TANJI, Kazuya

Graduate School of Engineering Science

University of Osaka

京都大学医学研究科

正木 大夢

MASAKI, Taimu

Graduate School of Medicine Kyoto University

ボンド大学大学院ビジネススクール

井上 美如

INOUE, Miyuki

BOND University

ユナイテッドインターナショナルビジネススクール

和田茉奈実

WADA, Manami

United International Business School

神戸ライフセービングクラブ

松永あゆみ

MATSUNAGA, Ayumi

Kobe Lifesaving Club

要旨: AI技術を活用した海水浴場の安全システムには、基礎データの収集が不可欠である。これまでに海岸で泳ぐ人の安全確保を目的とした、風や潮の値を活用したAI技術が開発されている。本研究では夏季の海水浴場に関する基礎データの収集を目的として、砂温、海水温、WBGT指数、気温、黒球温度を測定した。測定項目のうち、海水温、WBGT指数、気温、黒球温度は12時に、砂浜温は15時にピークとなった。さらに、砂浜温は、他の指標と比較して、1日を通して明確な上昇を示した。以上のことより、砂浜温の基礎データを組み込むことで、熱中症の予防に貢献する可能性が示唆された。

Keywords : *Beach, Wet-bull globe temperature (WBGT), Sea water temperature, Sand temperature, Air temperature*

1. はじめに

日本は周囲が海で囲まれた国で、夏場は海水浴場が開設され多くの人で賑わう。その分事故も多く、7月から8月の夏季における海辺の溺水事故では、事故者数232名中88名が遊泳中に事故にあっている。2016年は447名中237名が、2017年は384名中193名が、2020年は231名中111名が遊泳中に事故に遭っているのが日本の現状である（海上保安庁HP）。近年は新型コロナウイルス感染症の流行もあり、海水浴場に来る人の数も減少傾向ではあるが、以前事故者の数は0になることはない。この状況を打開すべく様々な取り組みが実施されている。

中でも事故原因になりやすい状況・環境を分析によ

り算出や予測を行い、事故を未然に防ぐ取り組みの研究が発展している。定点観察した画像をAIにより離岸流感知システムの導入（島田ら：2020）や、海岸利用状況の変化を分析した報告（島田ら：2021）、AIによる溺水者検知（田中ら：2020）など様々な取り組みが報告されている。事故防止の要因について調査・検討した報告では、海水浴場における溺水事故発生のものである離岸流を、潮汐、天気、気温、水温、風向、風力、波高により事故発生特性を検討した報告（島田ら：2019）がある。海水浴場での安全を考える際には遊泳者個人の問題に限らず、環境面の影響を大きく受ける。遊泳者の行動も環境の影響を受けることが推測されるため、人的要因と環境要因は密接に関係していると言える。例えば気温が暑い場合には、海に

入り身体を冷やすことが考えられる。このように気温が、遊泳者の行動変容を促す場合も考えられることより、事故防止において環境データは欠かせない。一般的に海での環境面のデータとしては、潮の満ち引きである潮汐やそれに伴う波については考慮される。さらに、海水浴場における遊泳者への行動変容には気温・湿度・太陽光なども影響すると考える。また海水浴場は水着の着用や裸足といった普段の服装とは異なる。砂浜は、利用者の休憩を主に行う場所であるが、太陽光の影響で日中は高温環境になることも多く、過ごし方によっては休憩しているにもかかわらず、熱中症につながる恐れがある。砂浜の温度は海水温に比べ、1日の中で著しく変化することが予測されるが、海水浴場期間の砂浜温に関する報告は、管見の限りない。そこで本研究では、海水浴場開設期間の砂浜温、海水温、WBGT指数、気温、黒球温度を測定し基礎データの収集を試みた。

2. 方法

2022年に海水浴場として開設された、兵庫県神戸市須磨海水浴場(34° 38'33.4"N 135° 07'28.6"E)を対象に調査を行った。測定は9時、12時、15時の1日3回とした。海水浴場で監視しているライフセーバーに測定を依頼したため、救助等の有事がなく1日のうち3回のデータが収集できた2022年7月7、9、12、13、17、19、25、28日および8月3、9、21、25、28日を分析対象日とした。

測定項目は、砂浜と海水の温度および黒球湿球温度計によるWBGT指数、気温、黒球温度とした。砂浜と海水の温度はデジタル温度計(SK-270WP-K:佐藤計量機器製作所)を用いた。砂浜の温度は表面の直射日光が当たる箇所を測定した。海水の温度においても同様に直射日光が当たる箇所とし、海水面から水深10cm程度を測定した。WBGT指数、気温、黒球温度の測定は黒球湿球温度計(AD-5695DL:株式会社エー・アンド・デイ)を用いた。測定は、直射日光が当たる箇所に10分間放置したのちに測定を行った。

分析方法

得られたデータは平均値±標準偏差で示した。

統計処理にはJMP(SAS Institute Japan)を用い、一要因分散分析およびボンフェローニ法により、多重比較検定を行った。統計的有意水準は5%未満とした。

3. 結果および考察

図1は9時、12時、15時の砂浜温、海水温、WBGT、気温、黒球温度の平均値を示した。砂浜の温度は時間が経つにつれ高値を示している。海水温はほぼ一定であり、熱中症のリスクを示すWBGT指数は、警戒レベルの28℃を常に超えており、12時が最も高い。それに伴い気温、黒球温度は12時が最も高い結果となった。海水浴場における紫外線の影響について調査した報告(佐藤ら:2020)では、直射日光が当たる砂浜へは11:30頃に約5.0UAV(mW/cm²)を示し最も紫外線が強くなり、15時頃では約1.8UAV(mW/cm²)とピーク時の半分以下になることが報告されている。今回、気温などは12時が最も高値であったが、砂浜温のみ15時がピークになる傾向を示した。砂浜温は日光の影響を受け熱が蓄積することにより、紫外線や気温のピーク時以降も熱さが持続されたと考える。海水浴者は気温の影響を受け、12時ごろに海に入りやすくなることが考えられる。さらに休憩や昼食をとっている砂浜の温度は、12時以降も上昇を続けており、午後の砂浜での休憩はより暑熱環境下で過ごすことにつながる。これまで熱中症に関しては、気温や湿度の影響が大きく考えられてきたが、海水浴場においては、砂浜からの輻射熱の影響も加味した、対策や推奨事項の検討が必要である。午後以降は砂浜の温度の上昇に伴い、海に入りやすくなることや、休憩中に熱中症に罹りやすくなることが考えられる。9時の値を100%とし、温度がどの程度上昇しているかを、(12時もしくは15時の値/9時の値×100-100)によって上昇率を算出した。図2には9時から12時の、図3には9時から15時の上昇率を示した。一要因分散分析の結果、9時から12時の砂浜温、海水温、WBGT、気温、黒球温度の上昇率においては有意な差が認められた($F(4, 60) = 2.9298$ $p < 0.05$)。多重比較検定の結果、砂浜温の上昇率は海水温よりも有意に高値を示した($p < 0.05$)。同様に一要因分散分析の結果、9時から15時の上昇率においては有意な差が認められた($F(4, 60) = 3.0671$ $p < 0.05$)。多重比較検定により、砂浜温は海水温およびWBGTに比べ有意に高値を示した($p < 0.05$)。

1日の中での変化は砂浜温が6℃以上の変化があった。砂浜の温度は海水温に比べ太陽光や天候の影響を受けやすいことが考えられる。図1の温度変化のグラフからもわかるように、海水浴場内では砂浜温度が最も高くなることがわかる。そのため、太陽光や天候

により砂浜の温度上昇を軽減するための取り組みが必要である。須磨海水浴場では、パラソルの設置や日陰エリアを公に設置することにより日陰を作る取り組みをしている。一方で、海水浴場全面への日陰の設置は、台風や高潮の対策費用を考慮すると現実的ではない。比較的取り外しがしやすいパラソルやテントの設置を、積極的に認めていくことで日陰を増やし、熱中症の予防につながると考える。砂浜温度は高く維持さ

れる知識を海水浴客に伝えることで、水分補給などの熱中症予防活動を促すきっかけになることも考えられる。

本研究の限界点としては、砂浜の砂の成分までは検討しきれていない点にある。日本海側や太平洋側など日本の各地に海水浴場はある。本研究の結果はあくまでも、1例であり、今後は他の海水浴場でも同じ傾向が認められるかを検討する必要がある。

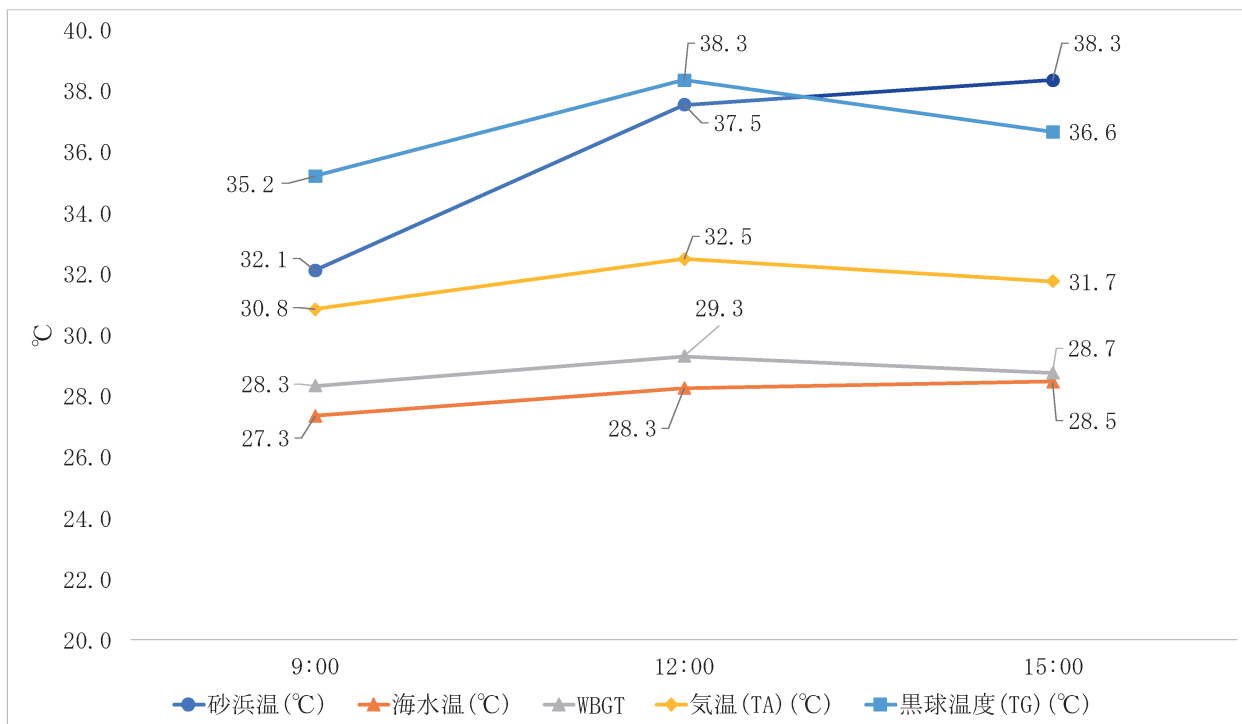


図1 各時間の砂浜温, 海水温, WBGT, 気温, 黒球温度

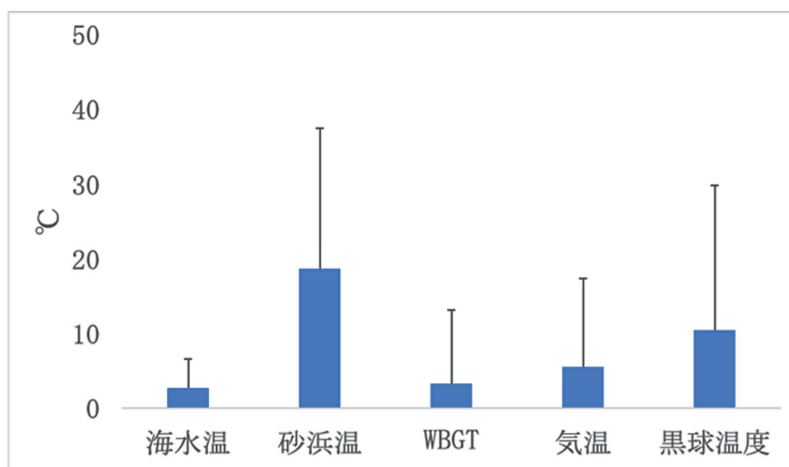


図2 9時から12時への上昇率

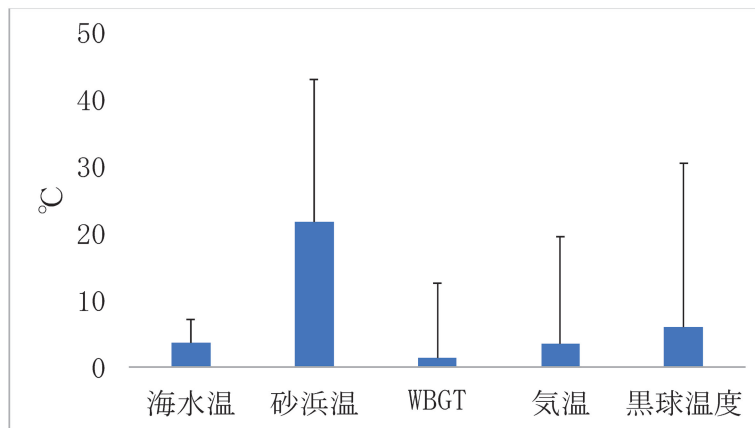


図3 9時から15時への上昇率

4. おわりに

近年のAI技術の発展には基礎データの収集が不可欠である。海水浴場の安全においても潮汐や風向を加味したAIの技術が発展している。本研究では、海水浴場開設期間の砂浜温、海水温、WBGT指数、気温、黒球温度を測定し基礎データの収集を試みたところ以下の知見が得られた。

- 1) 海水温、WBGT、気温、黒球温度は12時が最も高値であったが、砂浜温のみ15時がピークになる傾向を示した。
- 2) 砂浜温の9時からの上昇率は、他の項目に比べ有意に高値を示した。

以上のことより熱中症予防に関しては、砂浜の温度上昇を加味した対策の必要性が示唆された。

謝辞

本研究を進めるにあたり、神戸ライフセービングクラブの皆様には、須磨海水浴場に関する情報提供をしていただくとともに、調査に協力していただいたことを、ここに深謝いたします。

文献

海上保安庁 (2023) 夏季マリレジャー安全推進活動期間の事故発生状況, 2023年3月9日閲覧, <https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h27/>.

佐藤結, 石川仁憲, 島田良, 匂坂量, 小峰力 (2020) AIによる溺水者検知機能の開発, 土木学論文B3 (海洋開発), vol. 76, No. 2, I_923-I_928.

島田良, 石川仁憲, 小峰力 (2021) 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論文B3 (海洋開発), vol. 77, No. 2, I_199-I_1204.

島田良, 石川仁憲, 小峰力 (2020) AIを用いた海水浴場利用者数と離岸流への人立入の関係性の分析, 土木学論文B3 (海洋開発), vol. 76, No. 2, I_1031-I_1036.

島田良, 石川仁憲, 小峰力 (2019) 御宿中央海水浴場における離岸流事故発生特性の検討, 土木学論文B3 (海洋開発), vol. 75, No. 2, I_695-I_700.

田中理久, 島田良, 石川仁憲, 小峰力 (2020) AIによる溺水者検知機能の開発, 土木学論文B3 (海洋開発), vol. 76, No. 2, I_1019-I_1024.