3 競技会場内等 15 地区における暑熱環境測定の実施

競技会場内等での測定の概要と目的

オリパラ大会は大変暑熱環境の厳しい時期に開催されることから、会場等での観客やスタッフの熱中症予防に向けて、きめ細かな対策の一環として、会場内での暑熱対策上重要な箇所でのWBGTの実測とその結果をリアルタイムに集約し、表示できるシステムが有効である。

本業務では、情報発信における有効性観点から、上記機能を持つシステムを会場等に導入すること で組織委員会はじめ関係者にリアルタイムに暑熱環境についての情報を共有するシステム(以下、リア ルタイムモニター)を運用した。

3. 1 測定対象会場及び設置箇所の詳細

オリパラ大会の競技会場は、オリパラ組織委員会のホームページによると、令和3年7月オリンピック 開催時には、オリンピック会場は42箇所、パラリンピック会場は21箇所となり、重複する会場もある(第2章1節参照)。

競技会場等のうち、環境省から指定された表 3-1 の 15 会場等で暑熱環境測定を実施した。

No	測定地区	所在地
1	札幌大通公園	北海道札幌市中央区大通西
2	釣ヶ崎海岸サーフィンビーチ	千葉県長生郡一宮町
3	陸上自衛隊朝霞訓練場	埼玉県新座市、朝霞市
4	霞ヶ関カンツリー倶楽部	埼玉県川越市
5	江の島ヨットハーバー	神奈川県藤沢市
6	富士スピードウェイ	静岡県駿東郡小山町
7	伊豆ベロドローム周辺	静岡県伊豆市
8	福島あづま球場	福島県福島市
9	横浜スタジアム	神奈川県横浜市港中区
10	宮城スタジアム	宮城県宮城郡利府町
11	茨城カシマスタジアム	茨城県鹿嶋市
12	埼玉スタジアム 2002	埼玉県さいたま市緑区
13	横浜国際総合競技場	神奈川県横浜市港北区
14	選手村	東京都中央区
15	築地デポ	東京都中央区

表 3-1 暑熱環境測定地区

以上 15 地区について、会場となる施設、競技との関係を表 3-2 に整理した。

また、各測定地区のおおよその位置について図 3-1 に示した。

表 3-2 測定地区と対象施設、実施競技

測定地区	対象会場	実施競技(オリンピック)	実施競技(パラリンピック)
札幌大通り公園	札幌大通公園	陸上競技(マラソン・競歩)	
釣ヶ崎海岸サーフィンビーチ	釣ヶ崎海岸サーフィンビーチ	サーフィン	
陸上自衛隊朝霞訓練場	陸上自衛隊朝霞訓練場	射撃	射撃
江の島ヨットハーバー	江の島ヨットハーバー	セーリング	
伊豆ベロドローム周辺	伊豆ベロドローム、伊豆MTBコース	自転車競技(トラック)	自転車競技(トラック)
富士スピードウェイ	富士スピードウェイ	自転車(ロード)	自転車(ロード)
福島あづま球場	福島あづま球場	野球・ソフトボール	
横浜スタジアム	横浜スタジアム	野球・ソフトボール	
宮城スタジアム	宮城スタジアム	サッカー	
茨城カシマスタジアム	茨城カシマスタジアム	サッカー	
埼玉スタジアム2002	埼玉スタジアム2002	サッカー	
横浜国際総合競技場	横浜国際総合競技場	サッカー	
選手村	選手村		
築地デポ	築地デポ		

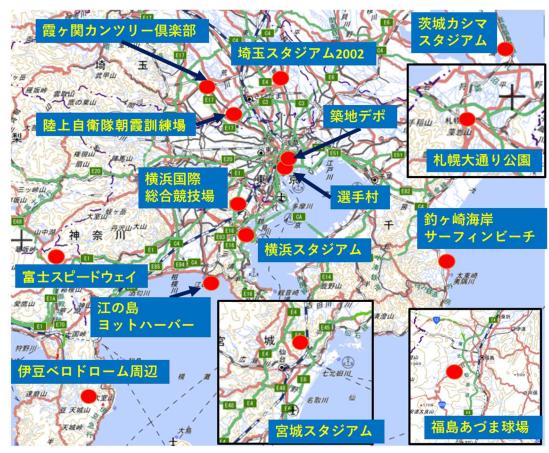


図 3-1 暑熱環境測定地区

リアルタイムモニターで測定を行った各地区での測定機器配置状況、設置の詳細について、図 3-2(a)~(o)に詳細資料としてまとめた。

各会場での設置箇所の名称については、組織委員会から提案いただいた。大会運営上の施設名称で必ずしも一般的ではない場合もあるが、今回のリアルタイムモニターの利用目的に即しての設定とした。

各資料には、設置箇所を航空写真または施設概要図上にプロットした。 また、各地区測定箇所①の緯度・経度、標高を代表地点として記載した。

各資料の測定箇所の設置写真上に、測定機器設置箇所を赤破線の円で囲んで示した。

測定地区名 札幌大通公園 所在地 北海道札幌市 測定機器数 携帯型5個 緯度·経度·標高(①)

43.061N、141.355E、21m







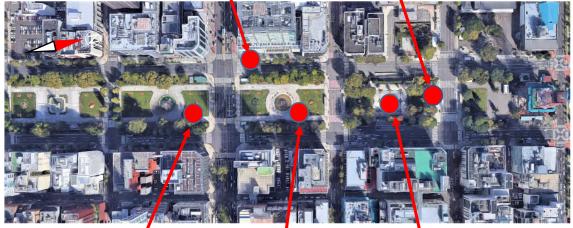








図 3-2(a) 札幌大通公園での測定箇所と設置状況

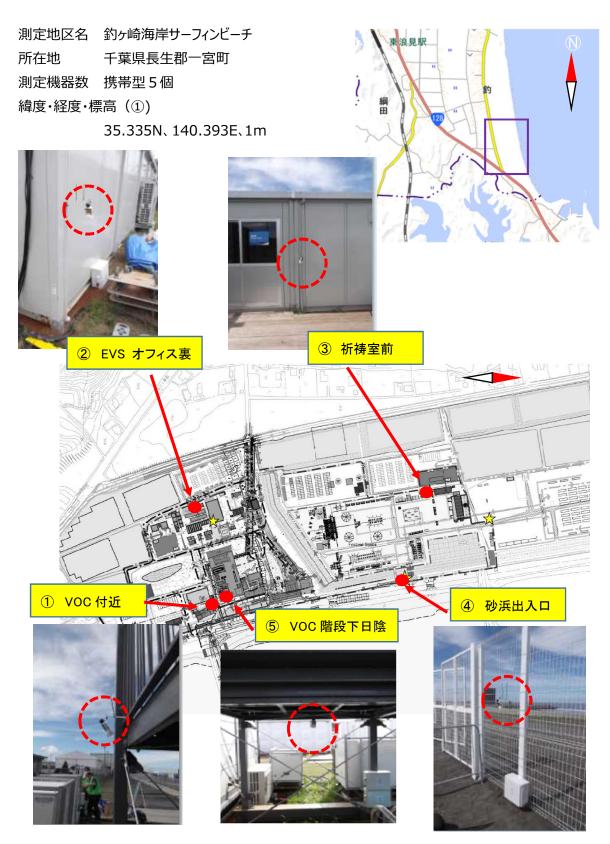


図 3-2(b) 釣ヶ崎海岸サーフィンビーチでの測定箇所と設置状況



図 3-2(c)陸上自衛隊朝霞訓練場での測定箇所と設置状況

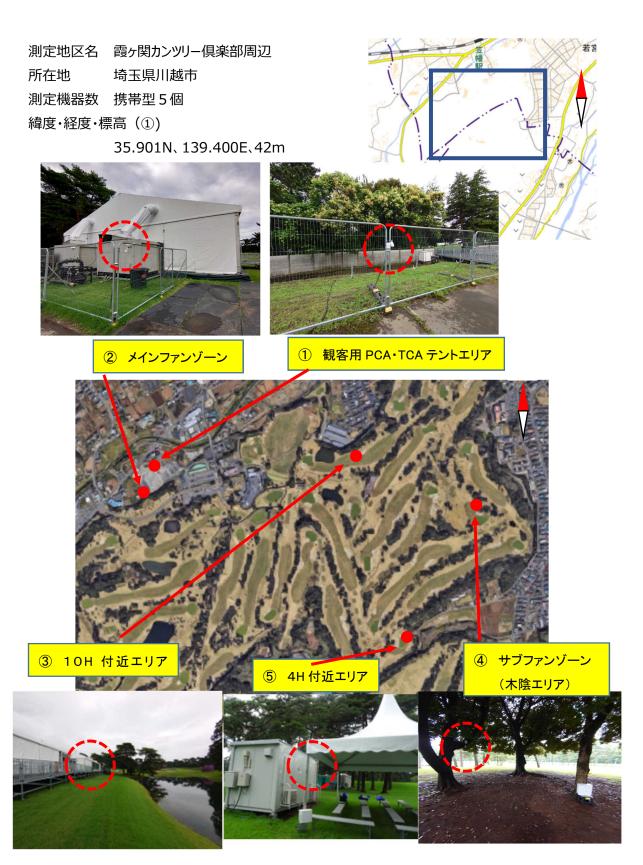


図 3-2(d) 霞ヶ関カンツリー俱楽部での測定箇所と設置状況



図 3-2(e) 江の島ヨットハーバーでの測定箇所と設置状況



図 3-2(f) 伊豆ベロドローム周辺での測定箇所と設置状況

伊豆ベロドローム周辺では、オリンピック期間は①~⑤で実施、パラリンピック期間では競技会場がベロドロームのみのため、①及び⑥のみで実施



図 3-2(g) 富士スピードウェイでの測定箇所と設置状況

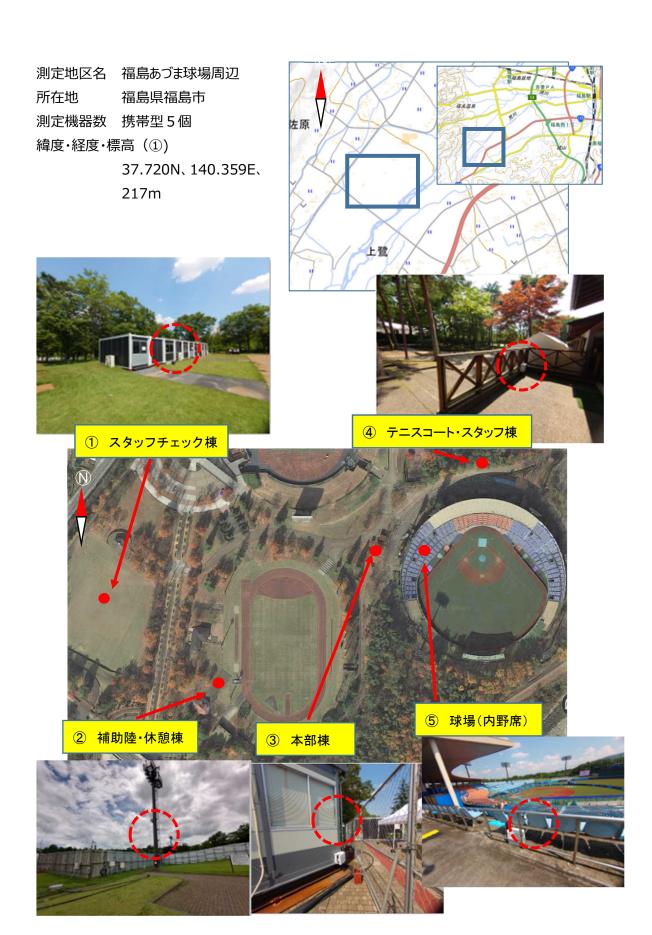


図 3-2(h) 福島あづま球場での測定箇所と設置状況

測定地区名 横浜スタジアム 所在地 神奈川県横浜市中区 測定機器数 携帯型5個 緯度・経度・標高(①) 35.443N、139.640E、3m 横浜中華街 BLUES GUITAR FOREVE 石川町(元町・中華街) ③ 旧市庁舎 VSA 周辺 スタジアム外野席 ① スタジアムバックネット裏 旧市庁舎 WF チェックイン付近 ⑤ スタジアム WF 休憩所

図 3-2(i) 横浜スタジアムでの測定箇所と設置状況

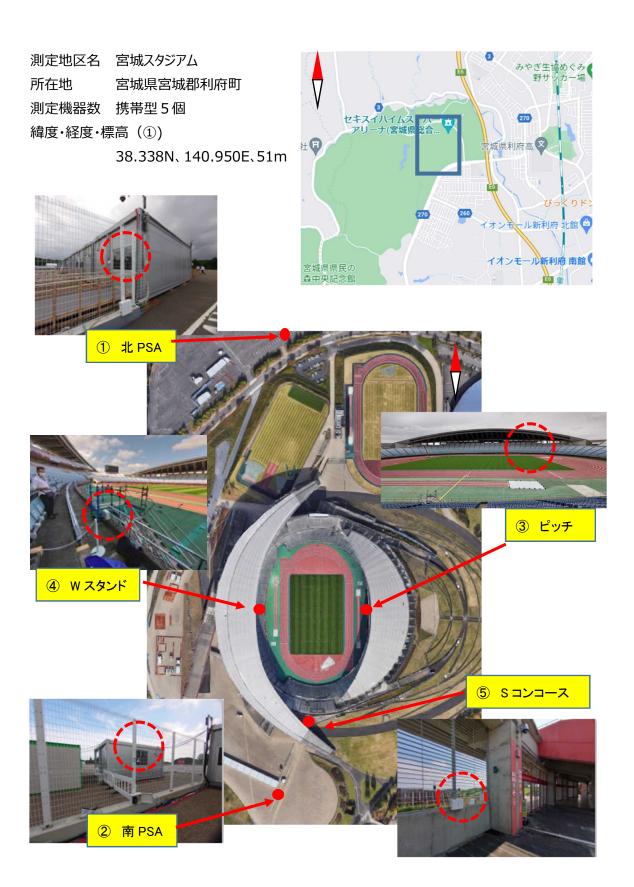


図 3-2(j) 宮城スタジアムでの測定箇所と設置状況

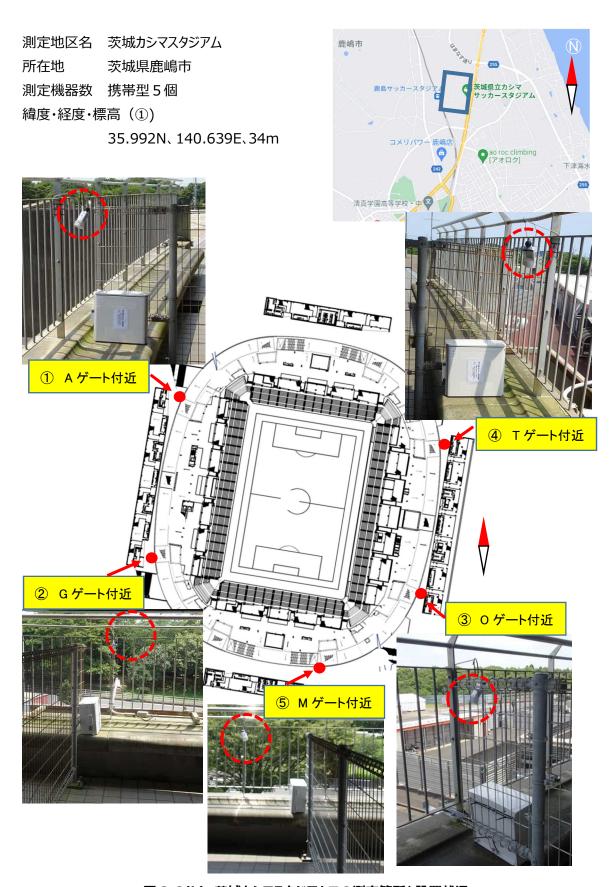


図 3-2(k) 茨城カシマスタジアムでの測定箇所と設置状況

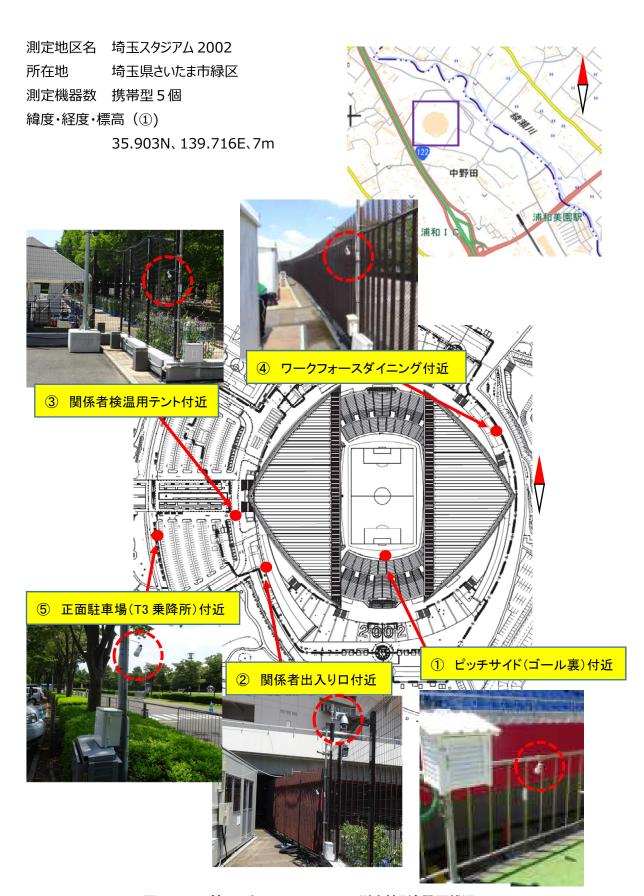


図 3-2(I) 埼玉スタジアム 2002 での測定箇所と設置状況

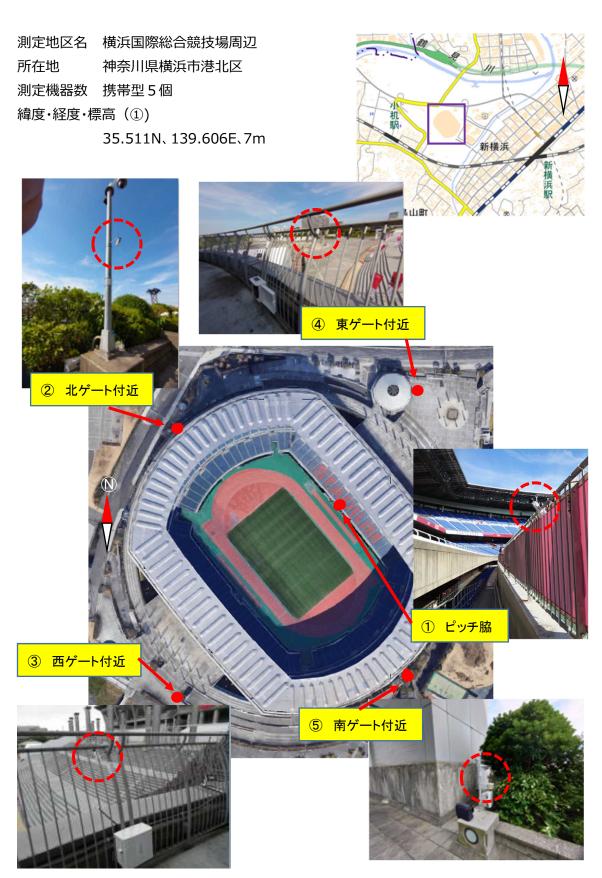


図 3-2(m) 横浜国際総合競技場での測定箇所と設置状況

測定地区名 選手村

所在地 東京都中央区晴海

測定機器数 携帯型3個

緯度·経度·標高(①)

35.650N、139.774E、1m

※選手村については組織委員会担当者の判断でオリンピック期間は1箇所、パラリンピック期間は3箇所のみの測定となった。





図 3-2(n) 選手村での測定箇所と設置状況



図 3-2(o) 築地デポでの測定箇所と設置状況

3. 2 リアルタイムモニターの概要と構成(測定機器、モニター方法等)

(1)リアルタイムモニターの概要

オリパラ大会などイベント会場において測定された WBGT をリアルタイムに送信することで、測定地点以外の地点にいる関係者(オリパラ大会では各会場の運営担当者、組織委員会関係者、関係省庁関係者)が Web 上においてリアルタイムで各会場の暑熱環境を把握することができるシステム。

(2) 測定及びデータ収集機器などシステムの構成

各会場で、必要とされた測定箇所に測定器を設置し、その近傍に設置した通信機からクラウドシステムにデータを自動的に送信する。利用者はそのクラウドシステムにアクセスすることでデータを閲覧することができる(図 3-3)。

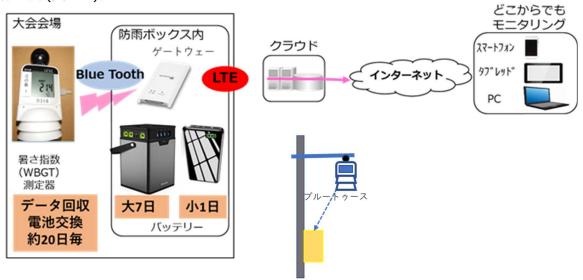


図 3-3 リアルタイムモニターの概念図

① WBGT 測定機器

15 地区での暑熱環境測定で用いる WBGT 測定機器については、小型であり、会場の様々な状況で施設運営に影響が少ないと想定され、また、データの精度についても検証が進んでいることから、会場周辺等 17 地区での測定業務において用いた携帯型(図 3-4)(形状や諸元は第 2 章 4 節参照)と同機種によって測定した。



図 3-4 携帯型測定機器機材

② 防雨ボックス

通信機器とバッテリーについては、オリパラ大会会場の 野外に設置するため、雨天対応及び、防犯上の配慮か ら防雨ボックス(図 3-5)内に収納した。

防雨ボックスはブルートゥース通信を行うため、測定機器から最大でも3m程度以内に設置した。

なお、防雨ボックスには、測定の目的や問い合わせ先 など明示した。



図 3-5 防雨ボックス

③ 通信機器

通信機器(図 3-6)は、データについて、測定機器から Bluetooth 通信により 受信し、携帯電話回線(LTE 回線)を用いてクラウドシステムに送信する機能を 有する。

今回使用した機器のサイズは、縦 10 cm、横 4 cm、暑さ 1 cm程度。 装置の通信等に係わる主要諸元は以下の通り。

無線インターフェース LTE: band 1/3/8/18/19/41

給電 USB ケーブルによる給電

主たる機能 各種センサーとクラウド間を中継する IoT ゲートウェー機能



図 3-6 通信機器

④ バッテリー

通信機器への給電が必要となり、本業務ではモバイルバッテリーを用いた。モバイルバッテリーは大型・小型の2種類を準備し、防雨ボックス内に設置した。

大型バッテリーは 100500mAh、361.8Wh、小型バッテリーは 26800mAh,99.16Wh 大型バッテリーは連続して運用する場合、7 日から 10 日程度利用可能、小型バッテリーは 40 時間程度利用可能で、競技期間を含む測定期間を考慮して、大型バッテリーと小型バッテリー交互に利用することで連続測定を可能とした。

(3) モニター方法

測定された WBGT については、利用者が Web 上で会場ごとに設定された画面に ID、パスワードを入力することで閲覧できる(図 3-7 はログイン画面の例)。

モニター画面(図 3-8)では、測定された WBGT の値に 応じて、日本生気象学会の「日常生活における熱中症予 防指針 ver3」のレベルに応じた暑さ警戒画面が表示され、 また、その画面内のデータ表示ボタンをクリックすることで、その 測定地点の詳細な時系列変化を見ることができるような仕 様とした(図 3-9)。



図 3-7 ログイン画面



図 3-8 モニター画面の表示例



図 3-9 「データ表示」から時系列表示の例

(4) データの取得方法

測定データについては、次の2通りの手法で取得した。

① リアルタイムモニター画面からデータダウンロードリアルタイムモニターの「ダウンロード」を選択して CSV 形式のデータをダウンロードした。

② 測定器からの直接データ回収

会場周辺等 17 地区での携帯型と同様に、現地または機材撤去後に測定機器から直接機材と iOS 端末を Bluetooth で接続してデータを回収した。

3. 3 リアルタイムモニターの設置・運用・撤去

(1)設置と撤去

会場内でのリアルタイムモニターの測定期間は、東京オリンピック(2021 年 7 月 23 日(金)~8 月 8 日(日)、東京パラリンピック(2021 年 8 月 24 日(火)~9 月 5 日(日))の会場ごとの競技期間やその事前の会場準備スケジュール、競技終了後の会場整理スケジュール等について、会場仮設物への設置のケースもあることから、個々に組織委員会会場担当者と調整して設定した。

以下に設置、撤去日程及び競技期間をまとめた。

表 3-3 各測定地区の測定期間

測定地区		競技期間(*)	間(*) 設置日 撤去日			
札幌大通公園		8/ 5~8/ 8	7/27	8/8	13 日間	
釣ヶ崎海岸サーフィンビ	ーチ	7/25~7/31	7/16	8/2	18 日間	
陸上自衛隊朝霞訓練	場(オリンピック)	7/24~8/ 2	7/1	(8/10)-	41 日間	
	(パラリンピック)	8/30~9/5	(8/11)	9/6	27 日間	
霞ヶ関カンツリー倶楽部	3	7/29~8/ 7	7/5	8/7	34 日間	
江の島ヨットハーバー		7/25~8/ 4	7/20	8/6	18 日間	
伊豆ベロドローム周辺	(オリンピック)	7/26~8/ 3	7/7	(8/10)	35 日間	
	(パラリンピック)	8/25~8/28	(8/11)	8/31	21 日間	
富士スピードウェイ	(オリンピック)	7/24~7/28	7/7	(8/10)	35 日間	
	(パラリンピック)	8/31~9/3	(8/11)	9/7	28 日間	
福島あづま球場		7/21~7/28	7/1	7/31	31 日間	
横浜スタジアム		7/24~8/ 7	7/22	8/7	17 日間	
宮城スタジアム		7/21~7/30	7/13	8/3	22 日間	
茨城カシマスタジアム		7/22~8/ 5	7/12	26 日間		
埼玉スタジアム 2002		7/24~8/ 6	7/21	8/8	19 日間	
横浜国際総合競技場		7/24~8/ 7	7/1 8/8		39 日間	
選手村	(オリンピック)		8/4	(8/10)	7 日間	
	(パラリンピック)		(8/12)	9/9	29 日間	
築地デポ	(オリンピック)		7/6	(8/10)	36 日間	
	(パラリンピック)		(8/11)	9/9	30 日間	

(*) 競技期間は競技実施予定のない期間を含む

オリンピック、パラリンピックに共通する会場については、整理の都合上、8月10日で期間を分けた

(1) 設置、撤去手順

・設置:気象業務支援センターで実施し、施設管理者等が立ち会った。

・撤去:気象業務支援センターで実施し、施設管理者等が立ち会った。

(一部地区では環境省、施設管理者の了解のもと立ち合いを受けず、事後に写真で報告し

(2)機材の設置方法

た)

設置方法については、事前に施設管理者等に確認を行い設定した。

本業務では測定機器は携帯型のみであり、大会運営などの支障にならないように配慮して、会場施設の配管や手すり、または樹木の枝などを利用した。

3. 4 リアルタイムモニター稼働状況

リアルタイムモニターシステムは、測定機器からのデータを通信機までは Bluetooth で、通信機からクラウドサーバーまでは携帯電話回線(LTE 回線)を用いてデータを転送している。電源が接続された状態であっても、測定器と通信機器間の Bluetooth は設置機器間の距離や周辺の電波状況で接続が不安定になることも想定されたので、測定終了後接続状況を確認した。

調査は、モニター画面からダウンロードした CSV ファイル(1 分値) でのデータ欠落があれば、接続断が 実際に発生したとして、ダウンロードファイルでデータがない時刻の個数(1 日を通して接続断が無い場合 には 1440(60 分×24 時間)個のデータが取得できる)を調査した。

調査対象期間としては、15会場、7月8月62日間を対象とした。

各会場の 5 測定地点毎に有効データ数を求め、そのデータ数を"接続断無し"の 1440 に対し日別に 100%、99%、98%、96%、94%、92%、90%、85%、80%、60%、40、20%、0% (0%表記は 20%以下 0%以上、0%そのもの) の日数を求めた。

今回の測定では、多くの会場で一部期間がオリパラ大会期間外として測定対象でなくて稼働していない期間もあり、また、順調に稼働していても、バッテリーが切れた場合には再接続まで時間がかかった場合もある。また、設置日や撤去日では、例えば設置後フル稼働していても、データ数は満点の 1440 にはならない。

一日のデータ数の上記区分で 90%以上データ数が残っている日は、フル稼働していた、フル稼働させようとした日とみなして、該当日数中、100%または 99%有効データの有った日の比率を求めて、最終的な「接続率」を求め、表 3-4 にまとめた。

表 3-4 の一番右側の列で、100%も含め、多くの地点で概ね 90%以上となった。この結果から「概ね 9 割以上の日で、99%以上の有効データを得られる」という結論が得られた。

表 3-4 リアルタイムモニター稼働状況調査結果

通信率(数字は下限)	100%	99%	98%	96%	94%	92%	90%	85%	80%	60%	40%	20%	0%		90%以上 接続日中
相当データ個数	1440	1425	1411	1382	1353	1324	1296	1224	1152	864	576	288	0	0	99%以上 接続日割合
札幌大通公園	2	32	0	0	2	0	0	0	0	7	12	5	1	249	94.4%
釣ヶ崎サーフィンビーチ	15	52	7	2	0	0	0	0	0	4	4	2	5	219	88.2%
陸上自衛隊朝霞訓練場	36	85	0	2	1	1	0	1	0	3	19	5	9	148	96.8%
霞ヶ関カンツリー俱楽部	25	122	5	2	3	0	0	0	0	8	11	6	1	127	93.6%
江の島ヨットハーバー	21	57	0	0	0	0	0	1	0	0	11	0	0	220	100.0%
伊豆ベロドローム周辺	9	16	5	0	1	1	1	3	0	10	8	6	11	239	78.1%
富士スピードウェイ	6	15	1	0	0	0	0	0	0	3	35	9	8	233	95.5%
福島あづま球場	27	50	0	0	0	0	0	0	1	1	5	5	6	215	100.0%
横浜スタジアム	24	40	0	0	0	0	0	0	0	6	7	5	2	226	100.0%
宮城スタジアム	8	51	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5	2	238	100.0%
茨城カシマスタジアム	43	65	0	2	0	1	1	1	4	3	10	0	5	175	97.3%
埼玉スタジアム2002	14	38	3	0	2	0	0	0	0	1	21	3	1	227	91.2%
横浜国際総合競技場	25	44	1	0	0	1	0	1	2	3	6	12	1	214	97.2%
選手村	9	41	0	0	0	0	0	0	0	4	2	4	3	247	100.0%
築地デポ	74	190	5	5	3	1	0	2	0	1	4	0	0	25	95.0%
15会場全体	338	898	27	13	12	5	2	9	7	55	160	67	55	3002	95.6%

3.5 リアルタイムモニターでの測定結果のデータ処理

リアルタイムモニターでの測定結果は、リアルタイムで閲覧された他、測定期間中や機器回収後、測定機器から直接データを取得し、データ整理を行った。

データ回収手法については、会場周辺等での測定のデータ処理(第 2 章 7 節)と同様である。 また、その統計処理結果は第 4 章 6 節にまとめた。