

Task 52 : 風ライダーの大規模展開 Large-Scale Deployment of Wind LiDAR

清水建設株式会社

種本 純

Task 52の概要

- IEA Wind Task 52
 - 正式名称 : Large-Scale Deployment of Wind LiDAR (風ライダーの大規模展開)
 - 別名: (Wind) Lidar Task
 - 2011年に発足したTask 32: Wind LIDAR systems for Wind Energy Deploymentの後継タスク
- 目的
 - 風ライダーを最適な風況観測ツールにするための研究に取り組むことで、将来風ライダーの使用が容易になり、風力発電の発展を可能にするに利点と機会をもたらすものにする。
- 活動内容
 - 風ライダーにとって重要となる、様々なテーマへの取り組み
 - 他のTaskとコラボレーションによる知識の共有
- 活動期間
 - 2022~2026年 (4年)

Task 52のOA
(Task 52 ホームページより引用)



Julia Gottschall
(フランフォーファー)



David Schlipf
(フランスブルク応用科学大学)

Task 52の特徴

- Task 32時代と同様にオープンなグループ
 - 2022年5月に開催されたTask 52のキックオフ会議（オンライン）には、120名以上が参加
 - LinkedInのフォロワー数は1583人（2023年2月現在）

Task 32 has (had) a powerful brand

Regular events with 60+ attendees

1200 followers on LinkedIn

30 publications in 2020 and 2021

7

500 people on our mailing list

3

Task 52 キックオフ会議資料より引用

Task 52の加盟国と主な参加機関

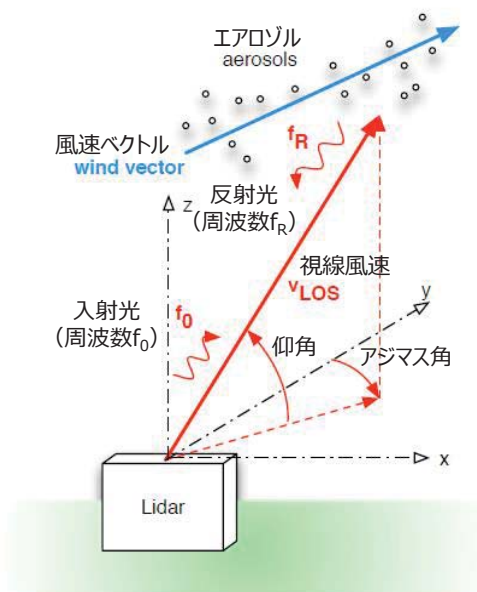
- 加盟国（2023年2月現在調印済み）
 - アメリカ、インド、オーストリア、韓国、スイス、中国、ドイツ、日本
- 今後の想定加盟国（検討中、手続き中）
 - イギリス、オランダ、スペイン、デンマーク、ノルウェー、フランス
- 主な参加機関
 - DNV, DTU, EDF, EnBW, **enviConnect**, ForWind, **Fraunhofer**, Fugro, GE, GPI, Meteodyn, **Nergica**, NREL, NRG Systems, **Oldbaum**, RES, RWE, SGRE, UL, **University Flensburg**, University Oldenburg, University Porto, **University Stuttgart**, Vaisala, Vattenfall, Vestas, ZX Lidars（他、計80機関）（Task 52キックオフ会議資料より抜粋）
 - 日本から、（株）ウインドエナジーコンサルティング、（株）グリーンパワーインベストメント、（国研）産業技術総合研究所、ジャパン・リニューアブル・エナジー（株）、三菱電機（株）、清水建設（株）の有識者が参加。

黒字：Task 32からの継続
 青字：Task 52で新規加盟

50音またはアルファベット順
 青字：OAまたはWGのリーダーが所属している機関

風ライダーとは

- LiDAR (Light Detection And Ranging)
 - 光を照射し、反射光により物体や距離を計測するシステム。
- 風ライダー (ドップラーライダー) の計測原理
 - ドップラー効果を利用して風を観測する。
 - ある周波数のレーザー光を照射し、風に乗って移動する大気中のエアロゾルや微粒子による反射光を受信し、入射光と反射光の周波数の違い (ドップラーシフト) から照射方向の風速 (視線風速) を計測する。
- 風速・風向の計算
 - 3次元空間なので、x方向、y方向、z方向の3つの風速成分が存在する。これらはいずれも未知数。
 - ライダーの照射角度 (アジマス角、仰角) を変更しながら、少なくとも3か所の視線風速を計測することで、3成分の風速の推定が可能。



風ライダーによる計測の模式図 (IEA Wind RP15より引用)

鉛直ライダー

- 用途
 - 風資源評価
 - 設計条件評価
 - 性能計測
- 計測方法、特徴
 - 上空に向けてアジマス角と仰角を変えながら複数点を照射し、風速・風向を推定する (検査体積での風速を一様と仮定)。
 - 鉛直 (高さ) 方向に複数点の観測が可能。
 - マストで届かない高さの観測に使用される。
- 課題
 - 乱流強度の計測の信頼性
 - 複雑地形での計測精度
 - 浮体式プラットフォームでの使用

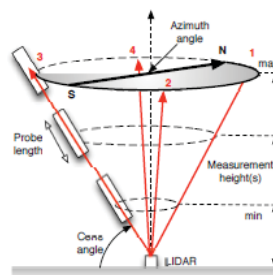


地上設置型

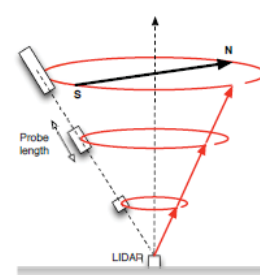


フローティングライダー

鉛直ライダー (Task 32 2021年会議資料より引用)



DBSスキャン



VADスキャン

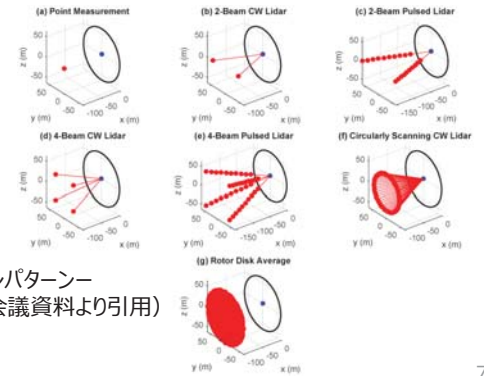
鉛直ライダーのスキャン方法の代表例 (IEA Wind RP15より引用)

ナセル搭載ライダー

- 用途
 - 性能計測（特に複雑地形）
 - 風車のリアルタイム制御による出力最大化、疲労荷重低減（LAC ; Lidar Assisted Control）
- 計測方法、特徴
 - ナセルに搭載して風車の上流の複数点を照射し、風車への流入風を計測する。
- 課題
 - ローター面に有意な風速や制御に有効な情報の推定方法
 - 乱流強度の計測
 - データ取得率による品質への対処
 - エンジニアや作業員間のコミュニケーション
 - ✓ 風車制御設計者⇔ライダーアルゴリズム設計者
 - ✓ ライダーのメンテナンスは風車のメンテナンス業者では難しい



ナセル搭載ライダー
(Task 32 2020年会議資料より引用)



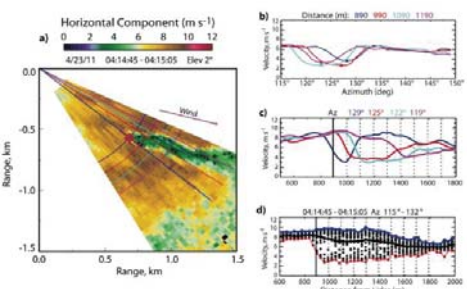
様々なスキャンパターン
(Task 32 2020年会議資料より引用)

スキャニングライダー

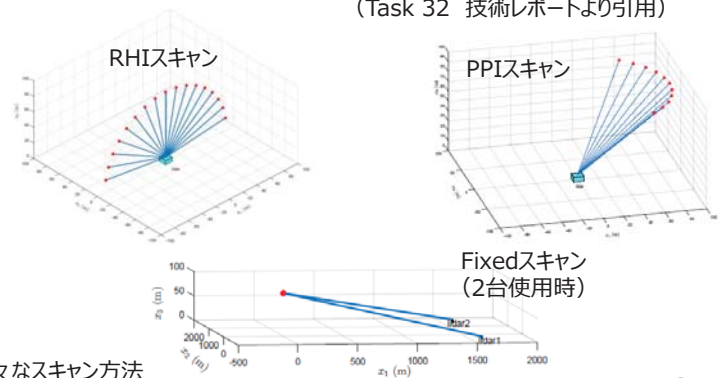
- 用途
 - 風資源、設計条件評価
 - 性能計測
 - 風車のウェイク等の空間分布の計測
- 計測方法、特徴
 - 3次元回転する光学ヘッドを有し、様々なスキャン方法で観測が可能。
 - 日本では離岸距離が近い洋上の観測実績が複数ある。
- 課題
 - 計測精度はいくらかの論文で確認されているが、RPやガイドラインなどが無い（日本では、NEDO「洋上風況観測ガイドブック」にまとめられている）。



スキャニングライダー
(Task 52 紹介ポスターより引用)



PPIスキャンによる観測例
(Task 32 技術レポートより引用)



様々なスキャン方法
(Task 32 エキスパートレポートより引用)

Lidar Taskの業界への貢献（Task 32時代の成果物等）

Recommended Practices（Task 32ホームページより引用）



日本から
亀山様（三菱電機）が貢献



日本から
亀山様（三菱電機）、
早崎様（CTC）が貢献

[Recommended Practice 18: Floating Lidar Systems](#)

O. Bischoff, I. Würth, J. Gottschall, B. Gribben, J. Hughes, D. Stein, H. Verhoef.

RP18：フローティングライダーシステム
→IEC/TS 61400-50-4（策定中）、
Carbon Trust ロードマップ

[Recommended Practice 15: Ground-Based Vertically-Profiling Remote Sensing For Wind Resource Assessment](#)

A. Clifton, D. Elliott, and M. Courtney.

RP15：地上設置型の鉛直照射RSDによる風資源調査
→IEC 61400-12-1 ed.2、MEASNET Ver.2に
ライダーに関する事項の追加

9

Lidar Taskの業界への貢献（Task 32時代の成果物等）

Expert Reports



[Estimating Turbulence Statistics and Parameters from Ground- and Nacelle-Based Lidar Measurements](#)

A. Sathé, R. Banta, L. Pauscher, K. Vogstad, D. Schlipf, S. Wylie.

ライダー観測値による乱流強度と
パラメータの推定

Technical Reports



[Calibrating Nacelle Lidar](#)

M. Courtney

ナセルライダーのキャリブレーション
→IEC 61400-50-3:2022の
策定に貢献

（Task 32ホームページより引用）



[Remote Sensing of Complex Flows by Doppler Wind Lidar. Issues and Preliminary Recommendations](#)

A. Clifton, M. Boquet, E. Burin, M. Hofeß, T. Klaas, K. Vogstad, P. Clive, M. Harris, S. Wylie, E. Osler, R. Banta, A. Choukulkar, J. Lundquist and M. Aitken

風ライダーによる複雑地形の流れの計測

Lidar Taskの業界への貢献（Task 32時代の成果物等）

Journal Papers（Task 32ホームページより引用）



[Minute-Scale Forecasting of Wind Power—Results from the Collaborative Workshop of IFA Wind Task 32 and 36](#)

I. Würth, L. Valdecabres, E. Simon, C. Möhrlen, B. Uzunoğlu, C. Gilbert, G. Giebel, D. Schlipf, A. Kaifei



[IEA Wind Task 32: Best Practices for the Certification of Lidar-Assisted Control Applications](#)

D. Schlipf, N. Hille, S. Raach, A. Scholbrock, E. Simley



[Optimizing Lidars for Wind Turbine Control Applications—Results from the IFA Wind Task 32 Workshop](#)

E. Simley, H. Fürst, F. Haizmann, D. Schlipf



[IEA Wind Task 32: Wind Lidar Identifying and Mitigating Barriers to the Adoption of Wind Lidar](#)

A. Clifton, P. Clive, J. Gottschall, D. Schlipf, E. Simley, L. Simmons, D. Stein, D. Trabucchi, N. Vasiljevic, I. Würth



[Rotor equivalent wind speed for power curve measurement—comparative exercise for IFA Wind Annex 32](#)

R. Wegner, B. Cañadillas, A. Clifton, S. Feeney, N. Nygaard, M. Poodt, C. S. Martin, E. Tuxen, and J.W. Wagenaar



[Power curve measurement uncertainty—follow up comparative exercise for IFA Task 32](#)

L. Simmons, K. Franke, C. Tsouknidas, J. Seez-Gallego, E. Weyer, & P. Gómez

ライダーによる風車制御に関する多数の論文

性能計測に関する論文

Task 52で取組むテーマ

テーマ	役割	ワーキンググループ (日本からの参加者（50音順敬称略）)	予定成果物
#1 ユニバーサル流入風特性 Universal inflow characterization	風車への流入条件に関する最良の情報を取得して使用するためのツールと方法論への取り組み。	WG1：乱流強度	ラウンドロビン検証作業／エキスパートレポート
		WG2：ライダーアシスト制御（LAC） 川端（産総研）	Recommended Practice
#2 風況観測マストの代替 Replacing met masts	サイト評価用のさまざまなタイプの風ライダーとソフトウェアの選択と使用に関するガイドラインの作成。	WG3：複雑地形 吉村（GPI）	補正方法の概要まとめ／エキスパートレポート
		WG4：寒冷地	Task 32の作業の継続／未定
#3 風ライダーの繋がり Connecting wind lidar	LIDAR データをFAIRにすることで、ユーザーの観測精度改善の支援と、LIDAR とデータの価値の創出	WG5：デジタル化 今城（三菱電機）	レポジトリと出版物
		WG7：ライダーオントロジ	レポジトリと出版物
#4 洋上風力の展開促進 Accelerating offshore wind deployment	洋上風力プロジェクトのライフサイクル全体における主要技術としてのライダーの推進。	WG6：洋上スキミングライダー 植田（WINC）、種本（清水建設）、吉村（GPI）、渡邊（JRE）	Recommended Practice
		フローティングライダーのWG発足予定（時期未定）	IEC/TS 61400-50-3の内容を参照したラウンドロビン

*FAIR（Findable（見つけられる）、Accessible（アクセスできる）、Interoperable（相互運用できる）、Reusable（再利用できる））。

様々なテーマが並列に動いているのが特徴

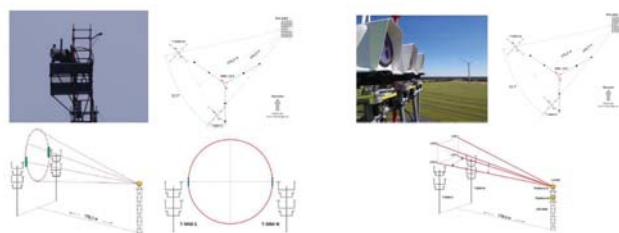
Task 52の2022年のできごと

- 2022/02
 - Task 52の提案書承認
- 2022/05/23、24
 - キックオフ会議（オンライン会議）
 - ✓ 吉村様（GPI）が参加。スキャニングライダーに関するプレゼ
- 2022/10/13
 - WG6関係者とスキャニングライダーに関する情報交換（非公式会議）@JEMA、日本
 - ✓ 植田様（WINC）、吉村様（GPI）、渡邊様（JRE）、種本（清水建設）、他NEDO、JEMAご関係者様、JEMA委員が参加
 - ✓ 植田様（WINC）、渡邊様（JRE）がスキャニングライダーの研究に関するプレゼ
- 2022/10/18~20
 - Task 41（分散型風力）、Task54（寒冷地における風力発電）との合同ミーティング@ウィーン、オーストリア
 - WG3：複雑地形（ハイブリッド会議、吉村様（GPI）参加）、WG4：寒冷地（対面会議）のグループ会議
- 2022/10/23
 - 日本の加盟手続きが完了。順次WGに参加。
- 2022/02/13~17
 - ランチミーティング開催（日本時間21:00~22:00）。連日100名程度の参加者。
 - ✓ 植田様（WINC）がNEDO事業のデュアルスキャニングライダーの観測結果（Shimada et.al.(2022)の論文）について発表。

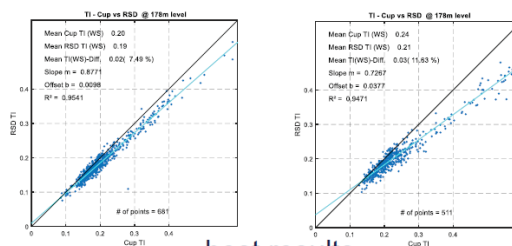
13

WGの活動紹介

- WG1：乱流強度
 - 目的：
 - ✓ 様々なライダーに関する乱流強度の推定手法の改善
 - Task 32で実施したナセル搭載ライダーによる乱流強度推定手法検証のラウンドロビンの継続
 - ✓ 機械学習に使うにはデータ短い
 - ✓ 乱流強度に大きな水平シアがある場合のデータが含まれていない
 - これまでより多くのデータを使用して再度ラウンドロビンを実施中
- WG2：ライダーアシスト制御（LAC）
 - 目的：
 - ✓ LACの経験と議論を交換するためのコミュニティの提供
 - ✓ LACの利用の促進、ベンチマーク用のオープンソースツールの作成
 - Task 32で実施したワークショップた研究成果を基に、LACのRPの作成に取り組む。



ナセル搭載ライダーの乱流強度検証ケースの例
(Task 52 キックオフ会議資料より引用)



best results

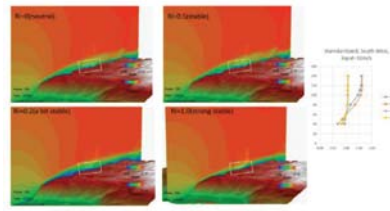
第1回目のラウンドロビンの検証の例
(Task 52 キックオフ会議資料より引用)

14

WGの活動紹介

WG3：複雑地形

- 目的：
 - ✓ 複雑地形上でライダーの展開と補正方法の適用性、その限界を明らかにする。
- Task 32時代に、オーストリア5サイトで4社がCFD等を使った補正方法の検証を実施。その成果をレポートとしてまとめた。
 - ✓ 日本からは吉村様（GPI）が著者として貢献。



REPORT

IEA Wind TCP Task 32: Comparative Exercise on Ground Based Lidar in Complex Terrain

Authors: Alexander Stökl (Energiewerkstatt e.V.)
 Sara Koller (Metecotest AG)
 Johannes Cordes (Deutsche WindGuard Consulting GmbH)
 Oliver Grüning (Ramboll Deutschland GmbH)
 Andrew Black (Vaisala France)
 Atsushi Yoshimura (Green Power Investment)

Revision 0
 December 2022

WG4：寒冷地

- 目的：
 - ✓ マストとの比較によるデータ有効率の影響や気象要素による影響の評価
 - ✓ 着氷への対処と検出手法の確立
- Task 32で寒冷地のライダーとマストの環境要因別の比較を実施。新たな観測データを取得して分析予定。

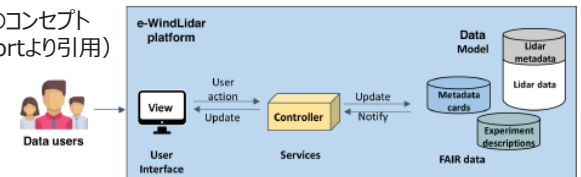
Task 32報告書：複雑地形における地上設置型ライダーの比較 (Task 52 Zenodoより閲覧可能)

WGの紹介

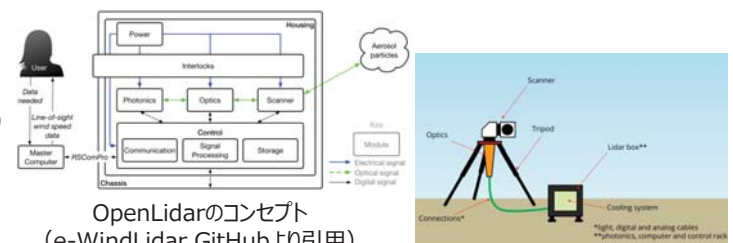
WG5：デジタル化

- 目的：
 - ✓ ライダーとウィンドファームのライフサイクルのデジタル化とビジネススペースの特定
 - ✓ オープンソースツールを使用したデータ処理などによるデジタル化の実証
- e-WindLidar：ツールとデータ形式の標準化
- OpenLidar：オープンソースによるライダーデバイス設計、構築、操作

e-WindLidarのコンセプト (IRP Wind Reportより引用)



OpenLidarのコンセプト (e-WindLidar GitHubより引用)



WG7：ライダーオンロジー

- 目的：
 - ✓ Lidarに関する用語集の開発
 - ✓ Lidar知識のFAIR化
- Task 32で作成した用語集の更新へ取組む

Ontology viewer

ライダー用語集 (Wind Lidar Ontologyホームページより引用)

WGの活動紹介

WG6：洋上スキャニングライダー

- 目的：
 - ✓ ユーザーの経験と推奨事項から、ベストプラクティスを作成し、その他のライダー技術と同様に、より多くのスキャニングライダーの利用を実現する。
- スキャニングライダーに関するRPの作成に取り組む。
- スキャニングライダーの導入量が多い日本が注目されており、NEDO「洋上風況観測ガイドブック」が重要参考文献となっている。
 - ✓ 吉村様 (GPI) がキックオフ会議でキーノートスピーチ
 - ✓ 植田様 (WINC) がランチミーティングでプレゼ

フローティングライダー (WG未発足)

- 2023年2月開催のランチミーティングでこれ



吉村様 (GPI) プレゼ資料
(Task 52キックオフ会議資料より引用)

その他情報共有

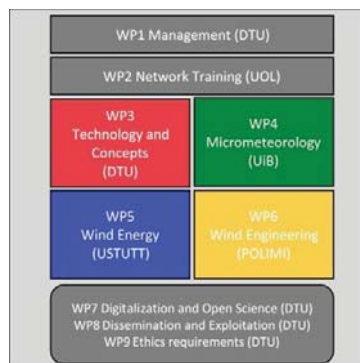
LIKEプロジェクト (Lidar Knowledge Europe)

- 風ライダーの計測技術と産業界の応用のための、若い研究者の育成プロジェクト
- 2019/10/01~2023/09/30 (4年間)。
- Horizon Europeが出資、DTUが主導
- 2023年2月に開催されたランチミーティングで関連する博士論文のプレゼがあった。



LIKE ホームページ

(LIKEホームページより引用)



LIKE ワークパッケージ

ESR projects

ESR Projects	PI/D	Supervisor	Host	Secondment academic	Secondment non-academic	WP
1 Lidar in wind tunnels	Shahbaz Pathan	M. Sjöholm	DTU	POLIMI	FORCE	3
2 Wind lidar for wind energy	Lipin Jin	J. Mann	DTU	NGAR	METEK	3
3 Model wind lidar design	Francisco Costa	P.W. Cheng	USTUTT	NREL/DTU	Wood	3
4 Floating lidar	Hugo Rubio Hurtado	J. Orosco	IMES	UOL/DTU/UIS		4
5 CFD and lidar	Isadora Lima Coimbra	J. Palma	UPORTO	DTU	RESNP	4
6 Aeolus satellite lidar	Haichen Zuo	C. Hasager	DTU	IMES/IMES		4
7 Lidar for Klamath	Jan Markus Diesel	J. Rauder	US	DTU	Klamath	4
8 Wind turbine wake and lidar	Priscilla Muzambi Suarez Orrego	J. Trujillo	UL	UOL/UIS		5
9 Lidar in a wind farm wake	Ajun Anantharaman	M. Ghin	UOL	TNO	SGRE	5
10 Power performance inside wind farm	Alessandro Sebastiani	A. Pala	DTU		RES	5
11 Adaptive lidar control	Feng Qiu	D. Sclaf	FUAS	DTU	Soventro/Leosphere	5
12 Turbulence analysis using nacelle lidar	Wei Fu	A. Pala	DTU	FUAS	RES	5
13 Lidar for long-span bridges	Muhammad Nafisfarid	J.B. Jakobsen	US	DTU/POLIMI	KV7	5
14 Lidar-assisted wind farm control	Zhenyu Zhang	A. Zasso	POLIMI	US/FUAS/UIS		6
15 Turbulence at exposed airports	Sai Wang	J. Rauder	US	NREL	Leosphere	6

LIKE プロジェクト

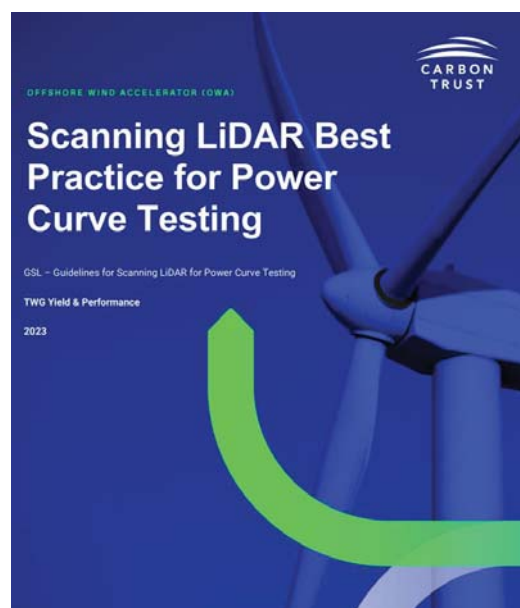
その他情報共有

Carbon Trustによるスキャニングライダーによる性能計測のガイドライン

- TP（トランジションピース）搭載のスキャンライダーによる洋上での性能計測
- 従来ナセル搭載ライダーが使われていたが、風車の大型化に伴い照射距離が不足する。
- 遠距離の計測が可能なスキャニングライダーが使えるが、ガイドラインがなかったため、作成した。
- 2023年2月に開催されたランチミーティングで共有があった。



TP搭載スキャニングライダー
(Carbon Trust ガイドラインより引用)



ガイドライン表紙
(Carbon Trust ガイドラインより引用)

19

まとめと今後の見通し

- Task 32からTask 52へ移行。引続き、風ライダーの利用を加速させる。
- Task 52は4つのテーマ、7つのWG（2023年2月現在）から構成される。

	テーマ	ワーキンググループ
#1	ユニバーサル流入風特性 Universal inflow characterization	WG1：乱流強度
		WG2：ライダーアシスト制御（LAC）
#2	風況観測マストの代替 Replacing met masts	WG3：複雑地形
		WG4：寒冷地
#3	風ライダーの繋がり Connecting wind lidar	WG5：デジタル化
		WG7：ライダーオントロジ
#4	洋上風力の展開促進 Accelerating offshore wind deployment	WG6：洋上スキャニングライダー
		フローティングライダーのWG発足予定（時期未定）

2023/05

- スキャニングライダーワークショップの開催を日本ホストで計画中
- WESC2023@グラスゴー、イギリス（5/23～26）にて、WG3+4+6、WG1+2+5の2つのテーマでミニシンポジウムを開催予定

20

参考ページ

- CarbonTrust スキャニングライダーによる性能計測ガイドライン : <https://www.carbontrust.com/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/guidelines-for-scanning-lidars-for-power-curve-testing>
- Carbon Trust フローティングライダーの商用利用のロードマップ : <https://www.carbontrust.com/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/roadmap-for-commercial-acceptance-of-floating-lidar>
- e-WindLidar GitHub : <https://github.com/e-WindLidar>
- Lidar Knowledge Europe (LIKE) ホームページ : <https://www.msca-like.eu/>
- NEDO洋上風況観測ガイドブック : <https://www.nedo.go.jp/content/100948288.pdf>
- OpenLidarホームページ : <https://www.openlidar.net/>
- Task 32ホームページ : <https://iea-wind.org/task32/>
- Task 32 Zenodo : <https://zenodo.org/communities/ieawindtask32>
- Task 32 GitHub : <https://github.com/IEA-Wind-Task-32>
- Task 52ホームページ : <https://iea-wind.org/task52/>
- Task 52 LinkedIn : <https://www.linkedin.com/showcase/4037465>
- Task 52 Zenodo : <https://zenodo.org/communities/ieawindtask52>
- Wind Lidar Ontologyホームページ : <http://data.windenergy.dtu.dk/ontologies/view/ontolidar/en/index>

最終アクセス日 : 2023年2月15日