

THE IEICE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS (JAPANESE EDITION)

IEICE 電子情報通信学会
B 論文誌 通 信

DOI:10.14923/transcomj.2025JBP3034

早期公開日:2026/03/11

本PDFは、早期公開版である。本論文を引用する場合には、電子情報通信学会和文論文誌投稿のしおり(通信ソサイエティ)の「8.早期公開」を参照すること。

通信ソサイエティ

一般社団法人 電子情報通信学会

THE COMMUNICATIONS SOCIETY

THE INSTITUTE OF ELECTRONICS, INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

海中環状コンクリート柱を利用した電波伝搬の解析

福家 智己^{†a)} 高橋 応明^{†b)} 石井 望^{††c)} 袁 巧微^{†††d)} 陳 強^{††††e)}
吉田 弘^{†††††f)}

Analysis of Radio Wave Propagation

Using Hollow Cylindrical Concrete Structures in Sea Water

Tomoki FUKUIE^{†a)}, Masaharu TAKAHASHI^{†b)}, Nozomi ISHII^{††c)}, Qiaowei YUAN^{†††d)},

Qiang CHEN^{††††e)}, and Hiroshi YOSHIDA^{†††††f)}

あらまし 著者らは浮体式洋上風力発電設備の保守管理の効率化を目的に、海中のコンクリート構造物を電磁波伝送路として利用する新たな無線通信システムを提案した。本論文では、実際のスパイ型構造に基づいた鉄筋配列が透過係数に与える影響や、半円筒型の近似モデルの妥当性、アンテナ-コンクリート間距離短縮による減衰の低減効果を数値解析により明らかにした。検討の結果、特定の周波数および送受信アンテナの設置条件におけるシステム成立可能性が示され、将来のシステム設計における有用な知見が得られた。

キーワード 鉄筋、環状コンクリート柱、電波伝搬、FDTD法、洋上風力発電

1. まえがき

近年、再生可能エネルギーの一つとして洋上風力発電が注目されている。これは建設資材の搬入路や騒音問題を回避でき、設置場所の制約を受けにくいいためである。日本では国土の約70%が山地であり、生産活動や居住などの土地利用が平地に集中していることから、陸上の風力発電設備の多くは丘陵地に立地している。しかし、丘陵地では風況の変動や十分な設置面

積の確保が難しく、大規模な風車の設置には限界がある。一方、日本は海岸線が長く、洋上の平均風速は陸上に比べて速く風の乱れも少ないため、良好な風況が得られる。そのため、洋上風力発電は安定した発電量が期待され、日本の電力供給において大きな潜在力を有すると考えられている[1]。しかし洋上風力発電には保守管理コストの増大という課題がある。これは、発電設備がアクセスの難しい洋上に設置されているためであり、現在は船舶で発電設備近くまで移動し、ダイバーや有線で制御される海中ドローンを用いて保守管理を行う手法が一般的である。しかし、ダイバーによる作業には安全面でのリスクが伴う。また、海中ドローンは制御用テザーを必要とするため操縦の自由度が低下と、テザーの絡まりによって複数台を同時に運用することが難しいといった問題がある。これらの課題を解決する手段として、海中ドローンと陸上を結ぶ無線通信の確立により、保守管理作業の効率化が期待される。

一般に、海洋における無線通信には音波が広く利用されている[2]。音波は電波や光波に比べて海水中での減衰が小さく、長距離通信に適しているためである。一方で、音波の海水中における伝搬速度は約1.5

[†] 千葉大学, 千葉市
Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba, 263-8522 Japan
^{††} 新潟大学, 新潟市
Niigata University, 8050 Ikarashi2-cho, Nishi-ku, Niigata 950-2181 Japan
^{†††} 東北工業大学, 仙台市
Tohoku Institute of Technology, 35-1, Yagiya Kasumicho, Taihaku-ku, Sendai 982-8577 Japan
^{††††} 東北大学, 仙台市
Tohoku University, 6-6-05 Aramaki-Aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai 980-8579 Japan
^{†††††} 海洋研究開発機構, 横須賀市
JAMSTEC, 2-15 Natsushima-cho, Yokosuka, 237-0061 Japan
a) E-mail: 22t0851w@student.gs.chiba-u.jp
b) E-mail: omei@faculty.chiba-u.jp
c) E-mail: nishii@eng.niigata-u.ac.jp
d) E-mail: qwuyan616@tohotech.ac.jp
e) E-mail: qiang.chen.a5@eccei.tohoku.ac.jp
f) E-mail: yoshidah@jamstec.go.jp

km/s と電波に比べて非常に低速であり、雑音の影響も大きい。また、海面や海底からの多重反射、塩分濃度や深度による回折波など、音波による通信には多くの課題が存在する[3][4]。そこで本研究では、海中での電磁波応用の一例として、海中と海上にまたがる洋上風力発電設備のコンクリート構造物を電磁波の伝送路として活用する方法を提案している。これにより、海水中での電磁波伝搬損失を最小限に抑えつつ、構造物経由で海上へ信号を伝送し、空気中で再放射することができると思われる[5][6][7]。

図1にシステムのイメージを示す。本手法は、洋上風力発電設備の保守管理を自立型海中ドローンで行うことを想定しており、海中での電磁波伝搬による損失を最小限に抑えつつ、風車のコンクリート構造物を介した信号送受信を実現する有効な手段になると考えられる[8][9]。

本論文では、浮体式洋上風力発電設備の一種であるスパイ型構造[10]を対象とした無線通信システムを提案し、風車の土台部分である海水中の環状コンクリート柱内部やその近傍における電磁波伝搬特性を数値解析した。実構造を模した鉄筋配列やアンテナ-コンクリート間距離が電磁波伝搬特性に与える影響を検討した結果、海中の鉄筋入り環状コンクリート柱は、電磁波伝搬路として利用可能であることが示されるとともに、今後のシステム設計において有用な知見が得られた。

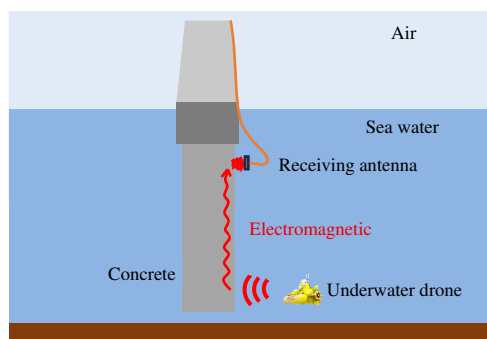


図1 想定システム
Figure 1 Wireless Communication System.

2. 円筒型モデルにおける透過係数

図1に示すシステムのように、海中ドローンから海面付近の受信アンテナへ送信する場合、ドローンに搭載されたアンテナから放射された電磁波は海水中を伝

搬して環状コンクリート柱に到達し、柱内部を伝送線路として伝搬されて到達することが想定される。したがって、本解析では海水中に配置した微小ダイポールアンテナによる励振を行い、送受信アンテナ間の透過係数を算出し、これを基に減衰定数を評価する。ここで、減衰定数は $z = 30.0 \sim 40.0$ m における透過係数の平均変化率と定義した。

解析モデルを図2に示す。図2(a)に示す解析モデルは外径 7.8 m、内径 6.8 m、長さ 50.0 m の環状コンクリート柱と周囲の海水から構成されており、環状コンクリート柱の構造は一般的な浮体式スパイ型の構造[10]に基づいている。また、図2(b)に示すように環状コンクリート柱内部の鉄筋は、軸方向 (z 方向) に延びる主筋と、それを取り囲む円環状のフープ筋により構成される。これらの鉄筋は、直径 0.04m の鉄筋を模した PEC (Perfect Electric Conductor) としてモデル化し、いずれも半径 3.65 m の円周上に位置している。主筋は円周方向に $\phi = 2.5^\circ$ 間隔で計 144 本、フープ筋は、主筋と直交するように z 方向に 2.0 m 間隔で計 25 本挿入されている。解析には FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法を用いた。微小ダイポールアンテナは送信・受信ともに z 軸に平行になるように配置し、 $z = 20.0 \sim 48.0$ m の範囲で相互結合がないことを確認して 1.0 m 間隔に設置し、送信用アンテナは $z = 20.0$ m とした。また、アンテナと環状コンクリート柱表面との距離は 0.20 m とした。電界は z 方向に励振し、入力信号には正弦波を用いた。海水の誘電率は $\epsilon_r = 71.7$ 、 $\sigma = 4.80$ S/m と設定した。解析周波数は 10 ~ 100 MHz の範囲を 10 MHz 間隔で変化させ、アンテナ間の透過係数や減衰定数の周波数特性を評価した。なお、アンテナ長は 0.24 m とし、整合は考慮していない。

コンクリートの電気定数はその含水率によって変化する[11]。本稿では、海水中の環状コンクリート柱の含水率を 2.8 % と仮定し、各周波数におけるコンクリートの電気定数を表1のように設定した。

表1 コンクリートの電気定数
Table 1 Electrical Properties of Concrete.

Frequency [MHz]	Relative permittivity	Conductivity [S/m]
10	6.33	5.13×10^{-4}
30	6.20	9.39×10^{-4}
100	5.87	2.43×10^{-3}

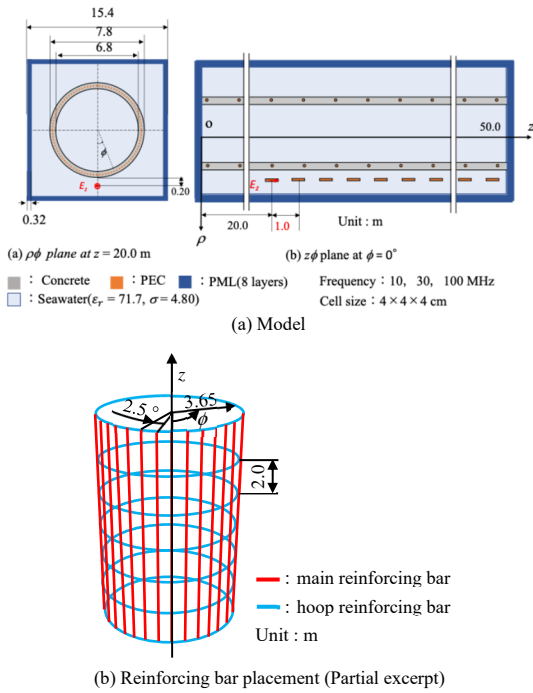


図2 解析モデル (円筒型モデル)
Figure 2 Analysis model (cylindrical model) .

図3に $\phi = 0^\circ$, $\rho = 3.88$ mにおける各周波数帯域の E_z , E_ϕ , E_ρ の電界強度分布を示す. すべての周波数帯域の励振において, 給電部近傍を除いた範囲で E_ρ 成分が他の成分より大きい. 電界成分が伝搬方向(E_z)にも生じているが, 伝搬方向に垂直な成分(E_ρ)が支配的となっており, 一般のTEM(Transverse Electromagnetic)モードに似た準TEMモードとなっている. 微小ダイポールからの入射の際, 入射波からコンクリート内伝搬波へと伝搬モードが移行することに伴い, 偏波変換が生じている. また, $z = 20.0$ mの給電部近傍では, 直接波が存在するため, 電界強度は高くなっているが, 離れるに従い海水中の損失が大きく急激に減衰する一方で, 低損失なコンクリート柱内を伝搬する波は, 減衰が緩やかになっていると考えられる. 図4に解析による各周波数帯域における送受信アンテナ間の透過係数を示す. 比較のため, 10MHzの環状コンクリート柱がない場合の透過係数も示した. 周波数が高くなるにつれて, また送信アンテナからの距離が遠くなるにつれて, 透過係数が低下した. また, コンクリートを介した電磁波伝搬における減衰は, 海水のみを電磁波の伝搬路とした場合と比較して非常に小さく, 海中

における電磁波伝搬の手法として有用であることが示された.

表2に, 各周波数帯域における透過係数から算出した減衰定数を示す. 減衰定数は周波数の上昇に伴って増加している. これらは, 伝搬距離の増加および, 高周波数帯域での伝搬損失の増大によるものである.

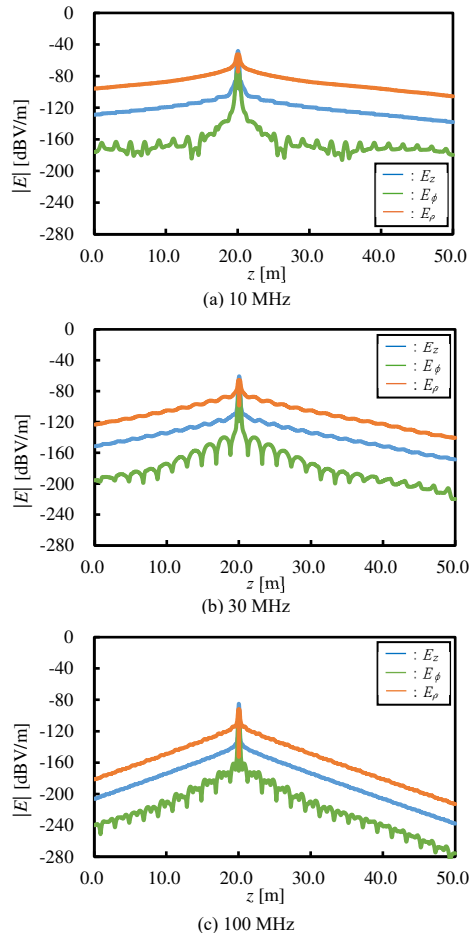


図3 各周波数帯域における電界強度分布 (円筒型モデル)
Figure 3 Electric field intensity distribution in each frequency band (cylindrical model) .

表2 減衰定数 (円筒型モデル)

Table 2 Attenuation constant (cylindrical model) .	
Frequency [MHz]	Attenuation constant [dB/m]
10	0.93
30	1.72
100	3.19

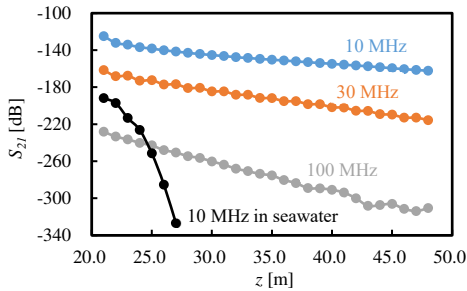


図4 各周波数帯域における透過係数
Figure 4 Transmission coefficient in each frequency band.

3. 半円筒型モデルにおける透過係数

本システムの実現に向けては、送受信アンテナと環状コンクリート柱表面との距離を短縮することが伝送効率向上に有効である[5]。しかし、円筒型モデルでは、FDTD法のセルサイズの縮小に伴う計算コストの増加により、アンテナ-コンクリート間の最小距離は0.20 mが限界であった。そのため、同等の計算時間でより小さいセルサイズを使用可能とするために、円筒型モデルの $\phi = 90^\circ$ および 270° の位置にPML(Perfectly Matched Layer)を設置し、環状コンクリート柱を半円筒型に簡略化したモデルを作成して、その電磁波伝搬特性を検討した。さらに、半円筒型モデルにおける環状コンクリート柱近傍の送受信アンテナ間の透過係数を解析し、減衰定数の評価を行うことで、半円筒型モデルの利用可能性を検討した[12]。

円筒型モデルにおける透過係数の解析と同様に、半円筒型モデルにおいても海水中に配置した微小ダイポールアンテナによる励振を行い、透過係数から算出した減衰係数を検討した。

解析モデルを図5に示す。微小ダイポールアンテナは送信・受信ともに z 軸と平行になるように配置し、 $z = 10.0 \sim 29.0$ mの範囲で1.0 m間隔に配置し、送信アンテナは $z = 10.0$ mとした。アンテナ-コンクリート間距離は0.10 ~ 0.20 mの範囲を0.02 m刻みで変化させた。解析周波数は10 MHz、30 MHzおよび100 MHzとし、アンテナ長は0.24 mとした。また、インピーダンス整合は考慮していない。ここでは、減衰定数は $z = 15.0 \sim 25.0$ mにおける透過係数の平均変化率として定義した。また、送受信ダイポールアンテナと環状コンクリート柱表面との距離(以下、アンテナ-コンクリート間距離)を変化させ、この距離が透過係数に与える影響についても検討した。

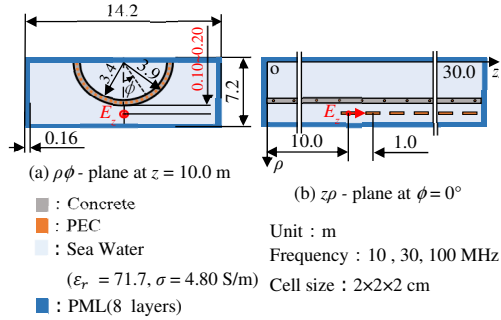
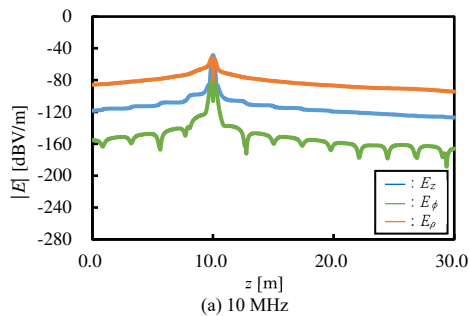


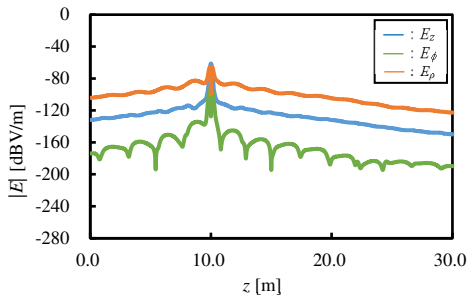
図5 解析モデル(半円筒型モデル)
Figure 5 Analysis model (semi-cylindrical model).

図6に $\phi = 0^\circ$ 、 $\rho = 3.89$ mにおける各周波数帯域の E_z 、 E_ϕ 、 E_ρ の電界強度分布を示す。なお、アンテナ-コンクリート間距離は0.20 mとしている。すべての周波数帯域の励振において、給電部近傍を除いた範囲で E_ρ 成分が他の成分より大きい。これは、2章の円筒型モデルを用いて行った解析の結果と一致する。図7に $z = 20.0$ mにおける各アンテナ-コンクリート間距離の透過係数を示す。すべての周波数帯域において概ね線形の関係にあることが確認できた。また、アンテナ-コンクリート間距離を短くすることで、透過係数が改善されており、アンテナ-コンクリート間距離に大きく依存している。本システム成立の目安は、透過係数-100 dB程度であり、今後、アンテナ構造を検討しアンテナ整合を追加すると、10 MHzおよび30 MHzにおいてアンテナと環状コンクリート柱表面との距離を十分に短縮することで、システム成立可能性がある。

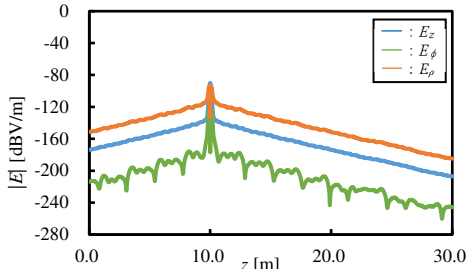
表3は、アンテナ-コンクリート間距離が0.20 mの場合における10 MHz、30 MHzおよび100 MHzの透過係数から算出した減衰定数である。半円筒型モデルは円筒型モデルを用いた解析結果と概ね一致しており、半円筒型モデルで十分に評価できると判断した。



(a) 10 MHz



(b) 30 MHz



(c) 100 MHz

図6 各周波数帯域における電界強度分布 (半円筒型モデル)
Figure 6 Electric field intensity distribution in each frequency band (semi-cylindrical model) .

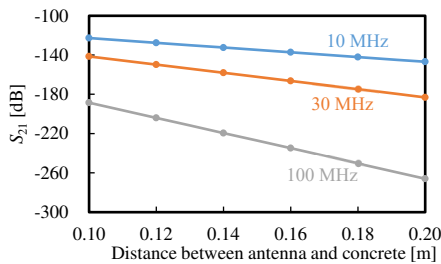


図7 透過係数 ($z = 20.0$ m)

Figure 7 Transmission coefficient ($z = 20.0$ m).

表3 減衰定数 (半円筒型モデル)

Frequency [MHz]	Attenuation constant [dB/m]
10	1.00
30	1.89
100	3.35

4. 鉄筋の影響

4.1 鉄筋の有無

環状コンクリート柱内部における鉄筋の有無が電磁波の伝搬に与える影響を調査するため、図5に示した解析モデルから鉄筋を模した PEC を取り除いたモデルを用いて解析を行った。微小ダイポールアンテナは送信・受信ともに z 軸と平行になるように配置し、 $z =$

10.0 ~ 29.0 m の範囲で 1.0 m 間隔に配置した。アンテナ-コンクリート間距離は 0.10 m、周波数 10MHz で励振を行い、送受信アンテナ間の透過係数を算出した。

環状コンクリート柱内部の鉄筋の有無における送受信アンテナ間の透過係数を図8に示す。これより、環状コンクリート柱内部に鉄筋が有る場合には、鉄筋が無い場合と比較して透過係数が高くなっている。図9には、環状コンクリート柱内部の鉄筋の有無における $z\rho$ 断面 ($\phi = 0^\circ$) の電界強度分布を示す。図9(a)より、鉄筋が無い場合には環状コンクリート柱内部の電界強度分布は、 ρ 方向の距離によらずほぼ一様である。

一方、図9(b)より、鉄筋が有る場合は、 z 方向の中央の鉄筋を境に、送信ダイポールアンテナが配置されている側の環状コンクリート柱内部で電界強度が強くなり、さらに、近傍の海水中も、鉄筋が無い場合と比較して電界強度が強くなった。これは、環状コンクリート柱内部の鉄筋が電界を反射したことにより、送信アンテナ側の環状コンクリート柱内部およびその周囲の海水中で電界が強められるからである。この結果、鉄筋が有る場合には鉄筋が無い場合と比較して透過係数が高くなる。

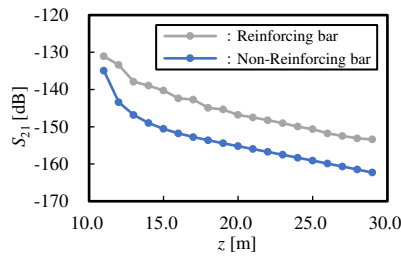


図8 鉄筋の有無における透過係数

Figure 8 Transmittance coefficient with and without reinforcing bars.

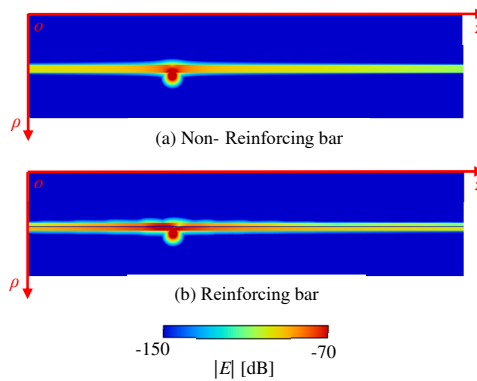


図9 鉄筋の有無における電界強度分布 ($z\rho$ 断面, $\phi = 0^\circ$)

Figure 9 Electric field strength distribution with and without reinforcing bars ($z\rho$ -plane, $\phi = 0^\circ$).

4.2 鉄筋の位置

環状コンクリート柱内部における鉄筋の位置が電磁波の伝搬に与える影響を調査するため、図5に示した解析モデルから z 軸方向に延びる鉄筋（主筋）の位置を変更したモデルを用いて解析を行った。図10に示すように、先の半円筒型モデルでは、 $\rho\phi$ 平面において、鉄筋はダイポールアンテナの直上に配置されていたが、本検討では鉄筋と鉄筋の間の直下にダイポールアンテナを配置した。

環状コンクリート柱内部の鉄筋の位置における $z\rho$ 断面（ $\phi=0^\circ$ ）の電界強度分布を図11に示す。鉄筋位置を変更した場合でも、送信ダイポールアンテナが配置されている側の環状コンクリート柱内部およびその近傍の海水中で電界強度が強くなっている。また、図11の(a)および(b)を比較すると、鉄筋の位置に関わらず、環状コンクリート柱内部およびその近傍の電界強度分布はほぼ同様で、送受信アンテナ間の透過係数も一致した。

以上の結果より、鉄筋の位置は電磁波の伝搬に大きな影響を及ぼさない。

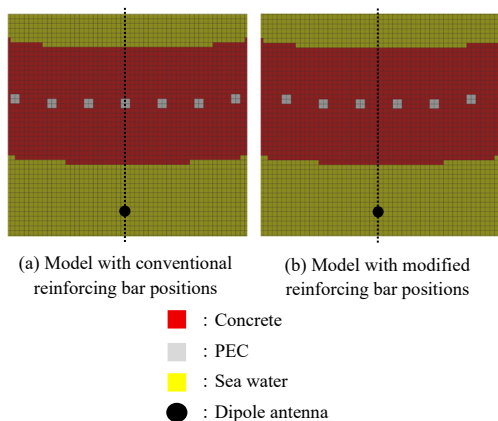


図10 アンテナの配置 ($\rho\phi$ 平面)
Figure 10 Antenna placement ($\rho\phi$ -plane).

5. むすび

本報告では、洋上風力発電設備の風車土台に相当する環状コンクリート柱を模したモデルにおいて、微小ダイポールアンテナを用いた電界励振を行い、送受信アンテナ間の透過係数から推定された減衰定数の周波数特性を確認した。また、セルサイズの縮小と計算時間短縮のため、環状コンクリート柱を半円筒型に簡略

化したモデルを用いて、円筒型モデルと同様に送受信アンテナ間の透過係数から推定された減衰定数の周波数特性を解析した。その結果、円筒型モデルの解析結果と概ね一致し、半円筒型モデルは計算効率を高め、各特性を評価する手法として有用である。また、透過係数は、アンテナ-コンクリート間距離に大きく依存し、今後、アンテナ構造を検討しアンテナ整合を追加すると、10 MHz および 30 MHz においてアンテナと環状コンクリート柱表面との距離を十分に小さくすることで、本システムの成立可能性がある。さらに、環状コンクリート柱内部の鉄筋が電磁波伝搬に与える影響について検討した結果、鉄筋が有ることにより、環状コンクリート柱内部およびその近傍の海水中における電界強度が高くなることが確認された。このことから、鉄筋入りの海中環状コンクリート柱は、海水中における電磁波の伝送線路として有用であると判断した。本提案システムは、海中のコンクリート橋柱などにも応用が可能と考えられる。

今後は、鉄筋の配列や本数などが伝搬特性に与える影響のさらなる検討や他の周波数での比較、周波数依存性の検討を進める他、送受信に用いるアンテナの設計を行う予定である。

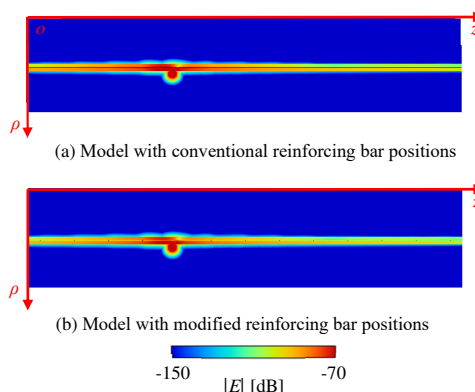


図11 鉄筋の位置における電界強度分布 ($z\rho$ 断面, $\phi=0^\circ$)
Figure 11 Electric field strength distribution at the position of reinforcing bars ($z\rho$ -plane, $\phi=0^\circ$).

謝辞 本研究の一部はJSPS 科研費 23K26102により実施されたものである。

文献

[1] 鈴木英之, “浮体式洋上風力発電の開発動向と将来展望,” システム/制御/情報, vol.60, no.9, pp.363-368, 2016.
[2] H. Yoshida et al., “Study on land-to-underwater communication,”

14th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, WPMC 2011, Jan. 2011.

- [3] 陳強, 高橋応明, 石井望, “電波の海中応用へのアプローチ,” AP2016-92, pp25-28, 信学技報, Sep2016.
- [4] 大浜俊樹, 滝沢賢一, 井家上哲史, “海中における電磁波利用無線通信に関する一検討,” 信学技報, WBS2013-32, pp65-70, Oct. 2013.
- [5] 石川魁人, 高橋応明, 石井望, 袁巧微, 陳強, 吉田弘, “海中環状コンクリート柱を利用した電波伝搬の周波数解析,” 信学技報, vol. 123, no. 441, AP2023-220, pp. 105-108, Mar. 2024.
- [6] 石井望, 葛生直暉, 高橋応明, 袁巧微, 陳強, 吉田弘, “海中環状コンクリート柱を利用した電波伝搬の固有モード解析,” 信学技報, no. 441, AP2023-217, pp. 91-96, Mar.2024.
- [7] 袁巧微, 大和紀仁, 石井望, 高橋応明, 陳強, 吉田弘, “海中環状コンクリート柱を利用した電波伝搬の電磁界分布,” 信学技報, vol. 123, no. 441, AP2023-218, pp. 97-101, Mar.2024.
- [8] 王嘉璐, 陳強, 石井望, 高橋応明, 袁巧微, “Coaxial-Mode Analysis of Radio Propagation Utilizing Hollow Cylindrical Concrete Structures in Seawater,” 信学技報, AP2023-219, no. 441, pp. 102-104, Mar.2024.
- [9] 六名壮太, 佐藤弘康, 陳強, 石井望, 高橋応明, 袁巧微, 吉田弘, “洋上風力発電機の保守点検用海中ドローン搭載アンテナと伝搬の検討,” 信学技報, vol. 124, no. 206, AP2024-109, pp. 146-146, Oct.2024.
- [10] 宇都宮智昭, 吉田茂雄, 佐藤藤彦, 飛永育男, “2MW 級スパイ型浮体式洋上風力発電施設の構造設計について,” 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol. 71, No.2, I_126_I_131, 2015.
- [11] M. N. Soutsos, J. H. Bungey, S. G. Millard, M. R. Shaw, A. Patterson, “Dielectric properties of concrete and their influence on radar testing,” NDT & E International, 34(6), pp.419-425, 2001.
- [12] 福家智己, 高橋応明, 石井望, 袁巧微, 陳強, 吉田弘, “鉄筋入り海中環状コンクリート柱を利用した電波伝搬の解析,” 信学技報, vol. 125, no. 161, AP2025-60, pp. 5-9, Aug.2025.



福家 智己 (学生員)

令和 6 年米子工業高等専門学校卒. 令和 7 年千葉大工学部総合工学科医工学コース在学中. 現在, 通信分野の研究に従事



高橋 応明 (正員 : フェロー)

平元東北大・工・電気卒. 平 6 東工大大学院博士課程了. 同年武蔵工大・工・電気・助手. 同大講師を経て, 平 12 東京農工大・工・電気電子・助教授. 平 16 千葉大・フロンティアメディカル工学研究開発センター・准教授. 衛星放送受信用アンテナ, 平面アンテナ, 小形アンテナ, RFID, 環境電磁工学, 人体と電磁波との相互作用の研究に従事. 本会アンテナ伝播研究専門委員会幹事, 無線電力伝送研究専門委員会委員長, 通ソ研専運営会議総務幹事, 通ソサービス評価委員会幹事, 東京支部運営委員, 和文 B 編集委員会委員長, 通ソマガジン編集委員会委員長, 通ソ副会長, 通ソ編集長, 代議員を歴任. 工博. IEEE シニア会員.

縦 26.4mm
横 20mm

石井 望 (正員)

平 1 北大・工・電子卒. 平 3 同大大学院修士課程了. 同年北大・工・助手, 平 10 新潟大・工・助教授, 平 19 同大・工・准教授. 小形・薄型アンテナ, 損失媒質中アンテナ測定, 電磁環境設計等の研究に従事. 平 6 本会学術奨励賞受賞. 著書「アンテナ基本測定法」ほか. IEEE 会員. 工博.



袁 巧微 (正員)

昭 63 年西安電子科技大学卒. 平 9 年同大工学博士. 平 2-3 年東北大学特別研究学生, 平 4 年から(株)松下通信工業仙台研究所, 大井電気株式会社仙台研究開発センター, (株)インテリジェント・コスモス研究機構に勤務. 平 19 年東京農工大学特任准教授, 平 21 年より仙台電波専門学校・高等専門学校, 准教授・教授を経て, 令 2 年より東北工業大学教授. 平 27 年米国オハイオ州立大学客員研究員, 令 3 年から東北大特任教授兼任. アンテナ, マイクロ波・ミリ波, 電磁界数値解析法, 無線電力伝送の研究等に従事. 平 20 年本学会論文賞, 第 2 回喜安善市賞. 平 24 石田(實)記念財団研究奨励賞. 平 26 年電子情報通信学会通信ソサエティ功労活動賞. 電子情報通信学会無線電力伝送研究専門委員会幹事(2014 年度), アンテナ・伝播研究専門副委員長 (2023 年度-2024 年度), IEEE MTT-S Distinguished Microwave Lecturer(2024-2026), IEEE MTT-s TC-25 member. IEEE Sendai WIE Chair (2019-2020), IEEE R10 WIE Committee member (2021-2022), IEEE Sendai Section Secretary (2024-2025).



陳 強 (正員 : フェロー)

昭63年西安電子科技大学卒。平成3年東北
大大学院博士前期課程，平成6年に同大学大
学院後期課程了。工学博士。同大学助手，助
教授，准教授を経て，平成25年より同大学院
工学研究科通信工学専攻電磁波工学分野教
授。アンテナ，マイクロ波・ミリ波，電磁界
の測定法及び数値解析法の研究等に従事。平
成20年本学会論文賞，第2回喜安善市賞。電
子情報通信学会光応用電磁界計測時限研究専
門委員会初代委員長，無線電力伝送研究専門
委員長，アンテナ・伝播研究専門委員長を歴
任。平成29年度本学会フェロー。



吉田 弘 (正員)

昭都立工業高専・電気卒。日本無線
(株)を経て，平金沢大・自然科学研究科
博士課程了。ソフトウェアベンチャー企業
を経て，平海洋科学技術センター（現・海
洋研究開発機構）入所。海洋ロボットの開発
に携わり，最深部のマリアナ海溝調査等に成
功。現在は北極向けロボットを開発。海中電
磁気学という新しい分野を開拓中。

Abstract

The authors studied subsea electromagnetic wave communication to improve maintenance efficiency in floating offshore wind power. They examined attenuation reduction using circular concrete columns, confirming the semi-cylindrical model's validity, the benefits of reducing antenna-concrete distance, and the impacts of reinforcing bars on transmission characteristics.

key words Reinforcing bar, Hollow cylindrical concrete, Radio wave propagation, FDTD method, Offshore wind power generation