

電子戦について

——防衛科学技術としてみた電子戦技術とその研究開発動向に関する一考察

小林正明

はじめに

現代型の戦争では、無線通信による指揮統制、レーダーによる監視・捜索・追尾・射撃統制、シーカによるミサイル誘導等、さまざまな場面で種々の周波数帯の電磁波が利用されている。敵の電磁波の利用を監視、逆用、減殺、阻止し、味方の利用を確保する活動である電子戦 (Electronic Warfare: EW) はますます重要になっているが、その概念や技術は、一般になお、なじみが薄い。本稿では主としてレーダーにかかわる電子戦技術に焦点を合わせ、電子戦の

概念と、防衛科学技術としてみた電子戦技術の基礎を解説する。また、電子戦技術の地域格差を推察する一助として、電子戦関連の具体的な技術課題を二つ取り上げ、諸外国におけるその研究開発動向を述べる。

I 電子戦技術

1 電波の軍事利用

電子戦の幕開けは日露戦争の時代に溯り、ロシア艦隊が

「妨害電波を出したがおそすぎた」(立花 一九八一…二三) (London 2015: 69) という日本海海戦であった。信濃丸が「敵艦見ゆ」と発信したことは有名であるが、これは通信電子戦であった。その後、電波探信機 (レーダー)、電波探知機 (逆探装置、E S M (Electronic Support Measures) 装置) が登場してレーダー電子戦が始まった。

送・監視装置、船舶自動識別装置、カーナビゲーションシステム、各種GPS測量システムなどがある。(三) には、エネルギー伝送による加熱や給電がある。工業用高周波加熱装置、調理用電子レンジなどは、その具体例である。

一般の電波利用法

電波の利用は、一般に、その利用法で次のように大別される(池上 一九八五…一三)。(一) 情報の伝達媒体としての利用、(二) 計測の手段としての利用、(三) エネルギー伝送媒体としての利用。(一) には、各種業務用無線通信、無線LANなどの無線ネットワーク通信、携帯電話・衛星通信等の移動体通信、ラジオやテレビジョン放送がある。(二) には、レーダーによる目標物体の位置、速度の計測があり、その具体例として、航空路、空港、港湾の各監視レーダーがある。また形状の計測手段としての利用に、形状から得た画像情報で監視・探査等を行う画像レーダーがある。さらに自己位置の計測手段としての利用に、GPS (Global Positioning System) などの全地球航法衛星システムを用いて測位する、航空機搭載の自動位置情報伝

軍事における電波の利用法は、一般の電波利用方法と基本的に同様である。軍用の無線通信や無線通信ネットワークなどは情報の伝達媒体としての利用であり、警戒監視レーダー、射撃統制レーダー、目標へのミサイルの誘導に用いるレーダーであるミサイルシーカ、GPSによる軍用機および水上艦艇、陸上車両等の航法支援、あるいは巡航ミサイルや爆弾の誘導は計測の手段としての利用である。そもそも、レーダー、GPS、携帯電話等で用いられているスペクトル拡散通信は軍用として使われ始め、その後、公共用あるいは民間用として一般に利用されるようになったものである。また軍事では、光波を含む電磁波が破壊用エネルギーの伝送媒体として利用される。

このような軍事の電波利用場面において、敵の利用を監視、逆用し、また減殺、阻止する一方で、味方の利用を確保する活動が電子戦である。

電子戦における電波の利用法は、一般の利用法と対比して、技術的に次のように大別できる（小林二〇一五：二七）。

- (一) 欺まん情報の伝達媒体としての利用、(二) 電波源の諸元計測の手段としての利用、(三) 妨害・破壊用エネルギー伝送媒体としての利用。(二)には、通信電子戦（原崎二〇一一）における通信欺まんや偽電等が、またレーダ電子戦（防衛省二〇〇七a：二）における電磁欺まん（Deception）（ウィキペディア二〇一五）等がある。(二)には、通信およびレーダ電子戦における周波数計測や変調諸元計測、方位測定、位置標定、特徴量計測等がある。(三)には、通信電子戦における通信妨害や指向エネルギー兵器（Directed-Energy Weapon：DEW^{*2}）（防衛省二〇〇七b：一四）が、またレーダ電子戦におけるレーダ妨害、指向エネルギー兵器、高出力マイクロ波（High Power Microwave：HPM^{*3}）がある。
- 電子戦の活動は電波の軍事利用であり、その利用目的は一般と異なるが、利用法は一般と同じであると言える。

2 電子戦の概念および分野区分

電子戦の概念

電磁波の利用にかかわる軍事活動は電子戦と総称され、

の対象は通信とレーダであり、電子戦は、通常、二つの主要な分野、すなわち通信電子戦と非通信電子戦に区分される^{*4}。非通信電子戦は、さらに、レーダ電子戦と電子光学（Electro-Optics：EO）電子戦^{*5}に区分される。通信電子戦は無線通信にかかわる電子戦に焦点を置いた分野を指し、現代の軍組織に不可欠な四大機能である指揮、統制、通信および情報（C3I^{*6}）の各機能の發揮にかかわる、彼我ともに重要な活動分野である。レーダ電子戦はレーダにかかわる電子戦に焦点を置いた分野を指し、レーダシステムの運用を逆利用、阻害、防護して、戦力増強、戦闘支援機能を果たす、彼我ともに重要な活動分野である。電子光学電子戦は電磁波のうちの光波（可視光、赤外線、紫外線等）領域の電子光学にかかわる電子戦に焦点を置いた分野を指す。電子戦では、これらの各分野において、表1に示した電子戦支援、電子攻撃、電子防護の各活動が展開される。

3 電子戦技術

電波の利用技術と電子戦

電波の利用法が一般と同様であることから、電子戦における電波の利用技術は、一言で表現すれば、応用電波工学

表1 電子戦の概念とその定義

概念	定義
EW 電子戦	ES/EA/EPで構成される電子的戦闘行動で、電磁波を用いて電磁スペクトルを支配または敵を攻撃する全軍事行動。
ES(ESM) 電子戦支援	敵による電磁波の利用を監視・逆用するために電磁波を利用する軍事行動で、電磁波源を搜索、探知、識別し、位置を特定する行動。
EA(ECM) 電子妨害	敵による電磁波の利用を逆用・減殺・阻止するために電磁波を利用する軍事行動で、敵による電磁波の使用を妨害するために実施するジャミングや電磁欺まん等の行動。
EP (ECCM) 電子防護	味方の電磁波利用を確保するための軍事行動で、友軍または敵の電子戦の実施によって友軍の戦闘能力が減殺、無力化または撃破されるようなことがないよう友軍の人員・施設・装備を防護するための行動。

(注) ()内は以前の呼称。ESM：電子支援対策、ECM：電子対策、ECCM：対電子対策。
(出所) DoD(2010: 82)、ウィキペディア(2013)、USN(2015)を参考に筆者作成。

その概念は電子戦支援（Electronic Support：ES）、電子攻撃（Electronic Attack：EA）および電子防護（Electronic Protection：EP）から成り立っている。表1に電子戦の概念とその定義（DoD 2010: 82）（ウィキペディア二〇一三：USN 2015）を示す。

電子戦の分野区分

電子戦における電波の利用法に見られるように、電子戦

技術と言えよう。応用電波工学は、電磁波の利用、応用にかかわる学問であり、その総論は、主として無線通信工学、レーダ工学、マイクロ波工学等に立脚している。電子戦においてその各論を展開する理論および技術には、アンテナ、電波伝搬、マイクロ波回路、電子回路、雑音、確率および統計的推定、電気・電子計測、電子光学、アナログ／デジタル信号処理（変復調、符号化・復号化、認識・識別、数理科学的処理）、情報処理等があり、その分野は広汎で多岐にわたる。

防衛科学技術と電子戦技術

電子戦技術は、電波利用の観点から、基本的に応用電波工学技術の防衛利用という点で一般の電波応用技術と共通である一方、電子戦の特異性にかかわる諸課題を解決する独自の各種技術もある。電子戦の特異性にとくにかかわる技術が防衛科学技術としての電子戦技術と言えよう。防衛科学技術としての電子戦技術について、我国では、防衛省技術研究本部（防衛省二〇一四）および電子装備研究所（旧第二研究所の一部門）（防衛省二〇一五a：二〇一五b）で、電子戦に関するエレクトロニクス研究や装備化に向けた研究開発等が行われている。また民間の防衛装備品関連

企業で、防衛省からの受託あるいは自社研究開発として、電子戦技術の研究開発が行われている（日本防衛装備工業会二〇一一）。我国の大学では、諸外国と異なり、電子戦技術の研究は行われていないようである。

電子戦技術の基礎

電子戦技術は、表1の電子戦を構成する三つの活動に対応して、電子戦支援技術、電子攻撃技術、電子防護技術に分類できる（徳丸二〇一五・小林二〇一四）。

電子戦支援技術には、（一）目標、すなわち無線機やレーダ^{*7}の存在を感知してその信号諸元を測定する「探知・周波数および変調諸元計測」、（二）目標信号の到来方位を測定して目標が存在する方向を知る「方位測定」、（三）目標の位置を測定する「位置標定」、（四）測定した信号諸元から目標の種類や機種等、その属性をライブラリと呼ばれる辞書（識別用データベース）と照合して明らかにする「識別」、（五）目標の詳細な属性を把握するため信号波形の特徴量を抽出する「特徴量計測」、などがある。

電子攻撃技術には、（一）雑音等の妨害波形や偽の波形を作り出す「妨害・欺まん信号生成」、（二）生成した妨害・欺まん信号を、異なる方向にいる多数の妨害対象に送

信するための「マルチビーム形成・妨害送信」、（三）航空機や艦艇から発射してミサイルシیکاなどのおとりにする「オフボード・デコイ」、^{*11}などがある。

電子防護技術には、（一）我の無線機やレーダが敵の電波探知装置に探知されるのを防ぐ「被探知対策」、^{*12}（二）我のレーダを敵の電子攻撃（妨害）から防護する「電子妨害対策」、（三）我のレーダを敵の電子攻撃（欺まん）から防護する「電磁欺まん対策」、^{*13}などがある。

II 電子戦技術に関する

研究開発動向の一考察

1 電子戦の特徴

電子戦の特徴（阪上二〇一四・三二）の一つに、「電子戦では技術的・運用的奇襲があり、とくに電子戦の新技術に関する情報は公表されない」があり、陳腐化した技術を除いて、一般に、電子戦技術に関する情報の公開はきわめて限定的である。しかしながら、防衛科学技術として今後取り組むべき技術的課題や、その研究開発段階の情報が、

政府・軍関係機関の各種公刊物、予算要求資料、専門雑誌、学会論文誌等に掲載されることも多い。また、その一方、電子戦技術は多岐にわたり、かつ、無線通信やレーダと共通する技術も多いなかで、国内外における現状や研究開発動向を網羅し、電子戦技術に特化した地域格差を推察するのはきわめて困難な作業である。

以下では、事例研究として、具体的な電子戦技術の課題を電子戦支援と電子攻撃からそれぞれ一つずつ取り上げ、その研究開発動向を探ることとする。

2 電子戦技術の課題

電子戦支援技術の課題——特定電波源識別

識別は、方位測定や位置標定とならんで、電子戦支援技術の重要な課題の一つである。目標識別の精度や信頼度の向上が常に求められている。近年は、無線機やレーダの種類や機種のみならず、同一種類や機種であってもその個体まで識別あるいは個体の異同を弁別できる特定電波源識別（Specific Emitter Identification: SEI）技術が、格段に信頼度が高い確実な識別をもたらすとして注目され、とくに重要な技術課題となっている。特定電波源識別技術は、信

号波形に含まれる電波源の各個体に固有の特徴量を抽出・照合する技術で、いわば、電波指紋の鑑識技術である。

電子攻撃技術の課題——アクティブ電波ステルス

電子攻撃においては、一般に、強力な妨害電力をいかに得るかが常に重要な課題であるが、近年は我のプラットフォーム（航空機、艦艇等）のステルス化^{*13}により、レーダ電子戦では、自己防御等のためには、それほど強力な妨害電力は必要でなくなってきた^{*14}。電子戦はステルスと密接にかかわっており、我彼の電子戦は、彼我のステルス化の複雑な影響を受ける。ステルス技術にはパッシブ（受動的）と、アクティブ（能動的）^{*15}があり、前者は実用され、後者はプラズマや電子攻撃を利用して実現できると目されている。アクティブ電波ステルス技術は、この意味で、電子攻撃技術の一つと言え、また、その対策は電子防護技術であると言える。諸外国では、アクティブ電波ステルス技術が、その対策（電子防護）技術とともにステルス化の時代の重要な技術課題であると捉えられている。

3 特定電波源識別技術の研究開発動向

先般、筆者は、我国における今後の特定電波源識別（以下、SEIと記す）技術に関する研究開発等の取組みに資することを目的として、IEEE Explore Digital Library^{*17}においてキーワード“Specific emitter identification”で検索して得られる三五編のSEI関連の論文について、技術動向や研究開発動向を調査した（小林二〇一五）。ここでは、そのうちの論文件数に見る研究開発動向について紹介する。

国別論文件数

図1に、論文の筆頭著者が所属する組織・機関の所在国別の論文件数を示す。中国が一二件で全体の約三分の一を占めており、ポーランドがこれに続いている。アメリカは六件で、中国の半分であり、全体の約六分の一を占めている。中国はSEI技術に限らず電子戦技術全般にわたって論文発表が活発である（小林二〇一五）。

組織・機関別論文件数

図2に、論文の筆頭著者が所属する組織・機関別の論文

件数を示す。軍の大学と一般の大学で論文件数が二九件に上り、これだけで発表全件数の八割を占めている。一般大学でも、国や軍から提供された研究資金で、軍事技術であるSEI技術をさかんに研究している状況が本図からうかがえる。

発表年別論文件数

図3に、各国の論文の発表年別論文件数を示す。一九九三年にSEIに関する最初の論文がアメリカから発表され、その後、約十年の空白期間があり、二〇〇二年になって台湾から一件、二〇〇四年にはポーランドから四件の論文が発表されている。二〇〇八年になると、ポーランドから三件、アメリカと中国からそれぞれ二件の発表があり、この年以降、論文発表が活発化している。とくに中国は活発で、二〇一一年を除いて二〇一四年まで、毎年数件が発表されている。この年から活発化した理由の一つに、デジタル信号処理デバイスやアルゴリズムの著しい進展に伴うSEIの実現可能性の高まりがあったと考えられる。

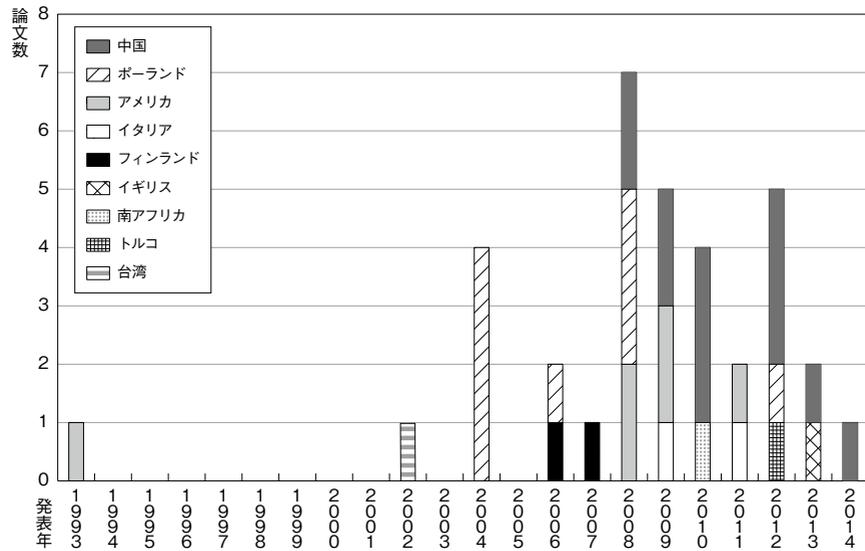


図3 発表年別論文件数

(出所)小林 2015 : 82 図3。

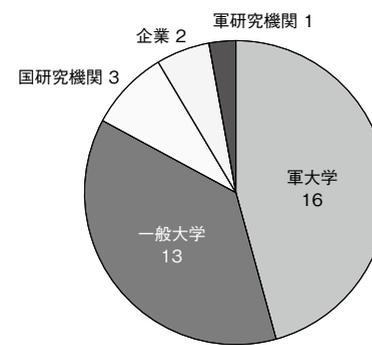


図2 組織・機関別論文件数

(出所)小林 2015 : 82 図2。

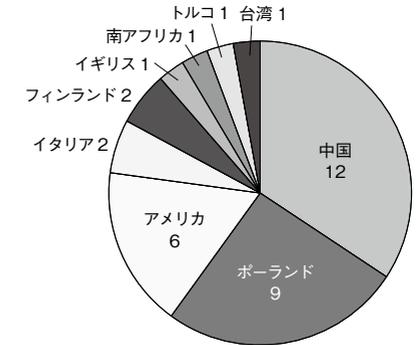


図1 国別論文件数

(出所)小林 2015 : 82 図1。

4 アクティブ電波ステルス技術の研究開発動向

電波ステルス技術に関する技術研究報告(小林二〇一三)に基づいて、アクティブ電波ステルス技術の研究開発事例を紹介する。

プラズマを用いたアクティブ電波ステルス

プラズマが電波を吸収する性質に関してアメリカ(米空軍)が、プラズマによるレーダ断面積の低減実験を行っている(Stalder 1992)。

プラズマステルス戦闘機

プラズマが電波を吸収する性質を利用してステルス化を図った戦闘機は一般にプラズマステルス戦闘機と呼ばれる。ロシアは、第五世代ジェット戦闘機PAK-FA(T50)でプラズマステルス戦闘機を指向していることが同機の開発計画(SQUADRONSMATES 2015)からうかがえ、同計画にはレーダ断面積低減試験状況の写真とともにプラズマスクリーンを研究中との説明が出ている。アメリカでは、

STAVATTI社が、低温プラズマ空洞によるステルス技術に関する白書(STAVATTI 2015)を出し、同社の多用途軽戦闘機Savati F-26 STALMA向けに、ロシアとは異なる手法のレーダ断面積低減を提案するとともに、その技術開発に取り組んでいる。

プラズマアンテナ

アンテナは一般に金属で作られ、レーダ波の良い反射体となつてステルス性能を下げる。このため、アメリカ(テネシー大学とHalekaka R&D社)は、アンテナ素子にプラズマを用い、必要時のみプラズマを点灯して金属アンテナと同様に動作させ、プラズマを消灯するとレーダ波を反射しなくなるプラズマアンテナの研究を行っている(Alexeff 2006; 2007)。

プラズマレドーム

プラズマレドームは、そのレドーム内のアンテナを使用する場合にプラズマが消灯して電波を透過させ、使用しない場合は点灯して電波を遮り(反射あるいは吸収し)、レドーム内のアンテナがレーダ波の反射体として露出するのを防ぐ。このようなプラズマレドームの研究開発をロシア

(ロシア科学アカデミー)(Fighter Planes 2015)や中国(中国科学技術大学)(CNKI 2015)が行っている。また、ドイツはプラズマレドームの欧州特許を出願し、特許を成立させている(欧州特許 2009)。

画像レーダ欺まんステルス

SAR(合成開口レーダ)、ISAR(逆合成開口レーダ)などの画像レーダに、偽画像電波を送信すれば実体を隠す欺まんができる。偽画像電波として海面反射にそっくりな電波を送信できれば実体を消してしまうことにもなり、まさにアクティブな電波ステルスを実現できる。アメリカ(海軍大学院)は、このような目論みでISAR欺まん画像を生成する実験研究を行っている(NPS 2000; Pace 2006)。

画像レーダ欺まんステルス対策

アクティブ電波ステルスとして画像レーダ欺まんの研究が行われている一方で、その対抗策として、中国(装備指揮技術アカデミー)は画像レーダ欺まんステルスを見破る研究を行っている(Hongya 2008)。

アクティブ・キャンセレーション・ステルス

レーダ反射(目標エコー)信号を打消してしまう精巧なキャンセル電波を送信してもアクティブな電波ステルスを実現できる。中国(海軍航空工程学院)は、この目論みでキャンセレーション信号を設計、評価する研究を行っている(Xiang 2010)。

PSSによるステルス

PSS(Phase Switched Screen)と呼ばれる電波反射体(スキンプネル)は能動電子回路素子を備えており、到来レーダ波を反射させる際に反射波の周波数をレーダの受信周波数帯域の外に追いやり、レーダからは目標が見えなくなってしまう。このため、機体や艦体の表面にPSSをあたかも鱗のように貼り並べると電波ステルス化できる。イギリス(シェフィールド大学)はPSSを用いた電波ステルスの研究開発を行っている(Tennant 2005)。

おわりに

電子戦の概念と、防衛科学技術としてみた電子戦技術の

基礎を述べ、電子戦関連の具体的な二つの技術課題について、諸外国におけるその研究開発動向を述べた。研究開発の動向や取り組み状況は電子戦技術の地域格差を推し量る一つの手掛かりではある。しかし、電子戦技術は多岐にわたり、かつ、無線通信やレーダーと共通する技術も多いので、電子戦技術の格差を推し量るには、無線通信技術、レーダー技術等も踏まえる必要がある。さらに、実際に戦場において電子戦技術が活き、電子戦能力が発揮されるには、インテリジェンス（情報、すなわち、電子戦の対象である無線機、レーダー等の電波関連機器の機能、性能、電波諸元、動作方式、特性パラメータなどのデータベース）が重要で、その保有の有無が電子戦能力の格差につながる。電子戦技術の格差は技術だけで評価できないという側面があることも踏まえる必要がある。インテリジェンスは実戦でしか得られないものもある。電子戦技術に格差がなくとも、実戦経験がないことによる情報格差により電子戦能力に格差が生じることも考えられる。これをいかに克服するかは、我国の電子戦における常統的課題の一つであると言えよう。

るパッシブ形がある。

*12 被探知対策として、無線通信ではスペクトル拡散技術が用いられる。レーダーでも同技術が用いられ、このような被探知対策をしたレーダーはLPI (Low Probability of Intercept) レーダーと呼ばれている。

*13 ステルスとは、軍用機、艦船等の兵器を各種センサーから探知され難くすることで、電波、光学、赤外線、音響の各ステルスがある。このうち、とりわけ重視されているのは、レーダーから姿を隠す電波ステルスである。本稿では、原則として、電波ステルスを単にステルスと記す。

*14 妨害効果を生むには、一般に、レーダー反射（目標エコー）信号電力を上回る大きな妨害電力が必要である。しかし、ステルス化によりレーダー反射信号電力が小さくなるのに応じて、妨害電力がそれほど大きくなくても妨害効果が得られるようになる。

*15 パッシブステルス技術として、レーダー波吸収材、レーダー波吸収塗料、レーダー波が来た方向への強い反射を回避するための機体や艦体の形状制御等の各技術がある。アクティブステルス技術として、プラズマを利用した機体や艦隊の能動的な形状露出回避あるいはレーダー波吸収、電子攻撃を利用して到来レーダー波をキャンセルし反射を減らすための能動的な電波の放射、レーダー電波を欺まんして実体を隠すための精巧な欺まん電波の放射等の技術が有効と考えられている。

*16 IATIA(the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) は、アメリカに本部を置く電気工学・電子工学技術の

●注

*1 妨害は、ジャミング (jamming) とも呼ばれる。
*2 コモ辞書 (軍事用語英和辞書・事典 MILDICW) <http://homepage3.nifty.com/OKOMO/> (二〇一五年一〇月二九日) にDEWの解説がある。

*3 コモ辞書にHPMの解説がある。

*4 あるいは、いずれの分野に主体を置くかによって、レーダー電子戦と非レーダー電子戦にも区分できる。

*5 コモ辞書にEOの解説がある。

*6 コモ辞書に、戦場を監視し彼我の状況および戦況に関する情報資料を取得・伝送・処理して指揮官・幕僚に表示し決心・命令を味方部隊に伝えて機動力や火力を支援する軍用IT (information technology) 機能、との解説がある。

*7 電子戦では、無線機やレーダーなどの電波発射源を一般に、電波源、エミッタ (emitter)、あるいは目標 (target) と呼んでいる。

*8 略して方測ともいう。また、方位探知、方向探知 (direction finding)、方探 (DF) ともいう。

*9 位置決定 'position fixing'、略してFIXともいう。

*10 マルチビーム (multibeam) 形成とは、同時に多数の (妨害送信用の) アンテナビームを形成することという。

*11 オフボード・デコイ (off-board decoy) には、自ら妨害・欺まん電波を放射して偽目標となるアクティブ形と、チャフ (chaff) と呼ばれる金属箔細片またはアルミ被膜付きグラスファイバでレーダー電波を反射・散乱させて偽目標となる

学会である。

*17 IEEE Xplore Digital Library はIEEEが開設している電子ジャーナルサービスで、IEEEとそのパートナー学会が発行する雑誌、会議録、技術規格から三六〇万件の記事・論文が利用できる。

●参考文献

〔単行本〕

立花正照 (一九八一) 『電子兵器の秘密』潮文社。

池上文夫 (一九八五) 『応用電波工学』電子通信学会編、コロナ社。

〔雑誌論文〕

小林正明 (二〇一一) 『防衛科学技術として見た電子戦とそれを支えるエレクトロニクス技術』『電子情報通信学会技術研究報告』一二二巻四一号、二五―三〇頁。

小林正明 (二〇一三) 『アクティブEA (電子攻撃) による電波ステルス技術』『電子情報通信学会技術研究報告』一一三巻五九号、三―八頁。

小林正明 (二〇一四) 『レーダー電子戦技術の基礎と最新動向』『電子情報通信学会技術研究報告』一一四巻二〇号、三五―四〇頁。

小林正明 (二〇一五) 『特定電波源識別技術とその研究開発動向に関する調査報告』『電子情報通信学会技術研究報告』一一五巻一六号、七―二二頁。

阪上廣治 (二〇一四) 『電子戦の概念と特徴』『電子情報通信学会技術研究報告』一一四巻二〇号、三一―三三頁。

徳丸義博 (二〇一五)「通信電子戦の基礎と実際」『電子情報通信学会技術研究報告』一一五巻一六号、一一一六頁。

〔雑誌〕

原崎亜紀子 (二〇一七)「通信システム技術第三講 通信電子戦技術」『防衛技術ジャーナル』三二巻一号、三六一―四一頁。

〔オンライン文献〕

ウイキムゼディア (二〇一三)「電子戦」<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%B3%E5%AD%90%E6%88%A6> (二〇一五年一〇月二九日)。

ウイキムゼディア (二〇一五)「シヤレント／欺瞞」<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B8%E3%83%A3%E3%83%9F%E3%83%B3%E3%82%B0> (二〇一五年一〇月二九日)。

防衛省 (二〇〇七a)「平成一九年度政策評価書(事後の事業評価)」<http://www.mod.go.jp/j/approach/hyouka/seisaku/results/19/jigo/honbun/11.pdf> (二〇一五年一〇月二九日)。

防衛省 (二〇〇七b)「将来に向けての技術研究の取り組み——中長期技術見積り」<http://www.mod.go.jp/trdi/data/pdf/youyaku.pdf> (二〇一五年一〇月二九日)。

防衛省 (二〇一四)「防衛省技術研究本部(シムンメント)」<http://www.mod.go.jp/trdi/data/pdf/kouhou/pamphlet2014.pdf> (二〇一五年一〇月二九日)。

防衛省 (二〇一五a)「第二研究所 技術研究本部五〇年史／各種資料」http://www.mod.go.jp/trdi/data/pdf/50th/TRDI50_09.pdf (二〇一五年一〇月三十一日)。

防衛省 (二〇一五b)「電子装備研究所／研究開発：研究所・サ

There? *IEEE AES Magazine* 21 (2): 3-7.

Stalder, K.R., Vidmar, R.J., Eckstrom, D.J. (1992) Observations of Strong Microwave Absorption in Collisional Plasmas with Gradual Density Gradients. *Journal of Applied Physics* 72 (11): 5089-5094.

Tennant, A., Chambers, B. (2005) Experimental Performance of a Phase-Switched Screen against Modulated Microwave Signals. *IEE Proceedings-Radar, Sonar and Navigation* 1521 (1): 29-33.

Xiang, Y., Qu, C., Su, F., Yang, M. (2010) Active Cancellation Stealth Analysis of Warship for LFM Radar. *2010 IEEE 10th International Conference on Signal Processing (ICSP)*, pp. 2109-2112.

〔特許文献〕

欧州特許 (2009) Radom mit darin integrierten *EUROPATISHE PATENTANMELDUNG EP 2 053 690 A1, April 29, 2009*.

〔本ホームページ〕

CNKI (2015) *Experimental Study of Thin-layer Plasma and Surface Plasmons / Year of Internet Publish 200909*.

<http://oversea.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?reqid=&FileName=2009111187.nh&DbName=CDFD2009&DbCode=CDFD> (二〇一五年一二月六日)

DoD (2010) *Joint Publication 1-02 Department of Defense Dictionary of Military Terms*.
http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jpl_02.pdf (二〇一

ンター／防衛省技術研究本部」<http://www.mod.go.jp/trdi/research/kenkyu/denshi.html> (二〇一五年一〇月三十一日)。

日本防衛装備工業会 (二〇一七)「防衛産業の現状(通信電子)」<http://www.mod.go.jp/j/approach/agenda/meeting/seisan/sonota/pdf/05/004.pdf> (二〇一五年一〇月三十一日)。

外国語文献

〔雑誌論文〕

Alexeff, I., Anderson, T., Parameswaran, S., Pradeep, E.P., Hulloli, J., Hulloli, P. (2006) Experimental and Theoretical Results with Plasma Antennas. *IEEE Trans. on Plasma Sci.* 34 (2): 166-172.

Alexeff, I., Farshi, E., Karam, N., Pradeep, E.P., Pulasani, N.R., Peck, J. (2007) An Operating Intelligent Plasma Antenna. *Conf. Pub., 16th IEEE Intl Pulsed Power Conf. & 34th IEEE Intl Conf. on Plasma Sci. and Pulsed Power & Plasma Sci.* 2007, 1: 353-356.

Hongya, L., Xin, J. (2008) Methods to Recognize False Target Generated by Digital-Image-Synthesizer. *International Symposium on Information Science and Engineering 2008*, pp. 71-75.

London, J.P. (2015) The New Wave of Warfare—Battling to Dominate the Electromagnetic Spectrum. *The Journal of Electronic Defense* 38 (9): 68-76.

Pace, P.E., Fouts, D.J., Zulaica, D.P. (2006) Digital Image Synthesizers: Are Enemy Sensors Really Seeing What's

五巻一〇頁三〇頁)

Fighter Planes (2015) *Stealth design SU-35 aircraft*. Source: *INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW - JANUARY 01, 2004*.

<http://www.fighter-planes.com/stealth2.htm> (二〇一五年一月六日)

NPS (2000) *An All-Digital Imnge Synthesizer for Countering High-Resolution Imaging Radar/Technical Report NPS-EC-00-005, Naval Postgraduate School*.

<http://edocs.nps.edu/npspubs/scholarly/TR/2000/NPS-EC-00-005.pdf> (二〇一五年一月五日)

SQUADRONSMATES (2015) *Russian Federation's 5th Generation Fighter: PAK-FA (T-50) Program*.

<http://squadrons-shipmates-of-the-fdr-midway.com/doc/NEWSLETTERS-and-MEMBERS'-POSTINGS-Russian-Federations's-5th-Generation-Fighter.pdf> (二〇一五年一月五日)

STAVATTI (2015) *White Paper regarding Cold Plasma Cavity Active Stealth Technology*.

<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA432633> (二〇一五年一月五日)

USN (2015) *11.2 ELECTRONIC WARFARE / Chapter 11 COUNTERMEASURES / Fundamentals of Naval Weapons Systems*.

<http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/fun/part11.htm> (二〇一五年一〇月三十一日)

●著者紹介●

- ① 氏名……小林正明(こばやし・まさあき)。
- ② 所属・職名……MK防衛電子技術コンサルタント。
- ③ 生年・出身地……一九四七年、大阪府。
- ④ 専門分野・地域……防衛電子工学、応用電波工学。
- ⑤ 学歴……大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻博士課程修了。
- ⑥ 職歴……三菱電機株式会社(二七歳、三九年)、神戸大学非常勤講師(四六歳、二〇年)、防衛電子技術コンサルタント(六六歳、三年)。
- ⑦ 所属学会……電子情報通信学会、IEEE、AOC会員。