

T P Y - 2 レーダーの電磁波の影響に関する参与会の意見

平成 2 5 年 7 月

京都府参与

佐藤 亨（京都大学大学院情報学研究科長）

中川正祥（元鉄道総合技術研究所研究主幹）

池畑政輝（鉄道総合技術研究所主任研究員）

近藤基治（古野電気㈱レーダー機器開発課長）

1 電波について

我々は常時様々な電波に晒されている。身近なところでは携帯電話やテレビ、ラジオ、GPS、無線LANなど電波を利用しているものは多種多様であり、各種動力機器などからも電波は発生している。また、電波の跳ね返りを利用しているものとしてレーダーがあり、気象観測、航空・航海用レーダー、スピード違反取締りや、最近では地中探索や自動車の衝突防止にもレーダーが使われている。

電波は周波数が3 KHz ~ 300 GHzの範囲のものであり、物理的には電磁波（電波・赤外線・可視光・放射線）の一部をなしている。電波の中で周波数が10 GHz前後の帯域（8 ~ 12 GHz）を「Xバンド」と呼んでいる（X：ローマ数字の「10」）。レントゲンなどの「X線」はもっと波長が短く、「Xバンド」とは全く無関係である。

Xバンド帯の電波の特徴は、波長が約3 cmと短く直進性の強い電波である。レーダーとして利用すると、対象を細かく捉えることが可能である。また、雨粒に対して反射が大きいので、これを利用して気象用レーダーとしても用いられている。一方で、気象用以外のレーダーとして利用する場合は、降雨時には遠くまで飛ばないため、遠くの物標を捉えるためには電波の出力あるいは受信側の感度を上げる必要はある。

なお、一般的なレーダーのアンテナからは、すべての電波が仕様で示されている方向、範囲内に飛ぶというわけではない（サイドローブ）。場合によっては、レーダーの上下左右にも、ある程度の電波が出ている可能性はある。

日本では電波に関する安全基準が定められており、T P Y - 2 レーダーに係る電波の生体等への影響については、この安全基準の範囲内であるかどうか、ポイントとなる。

2 T P Y - 2 レーダーについて

T P Y - 2 レーダーはXバンド帯の電波を用いていることから、「Xバンド・レーダー」と呼ばれている。Xバンド帯のレーダーの特徴は、上述したとおり対象を細かく捉えられることである。

T P Y - 2 レーダーで用いられているフェーズドアレイ（アンテナ）は、レーダー面を固定したまま、各モジュールから少しずつ時間をずらして電波を放射することにより、ビーム方向を変えることができ（電気制御・マイクロ秒単位）、したがって多角的に照射できるため、主として軍用のレーダーに使用されてきた技術である。

フェーズドアレイの例として、滋賀県甲賀市にある京都大学生存圏研究所の大気観測レーダー「MUレーダー」（46.5 MHz）は純粋に学術用途の設備であり、直径100mほどの敷地に八木ア

ンテナ（アンテナの種類）を大きくしたものを475本並べた装置で、一斉に電波を出すと真上へ向かって出て行く。フェーズドアレイの原理で時間をずらして放射することにより $\pm 30^\circ$ 、高さ600kmまでカバーできる能力を持つ。出力も1MWと非常に強力な電波を送信する施設で、既に30年近く観測しているが、周辺への影響は全く無い。

米国 Raytheon 社のホームページによると、TPY-2レーダーはアクティブフェーズドアレイ（25,344素子）、アンテナ開口部9.2 m^2 となっており、これから計算するとビーム幅は水平方向へ約 0.3° 、高さ方向へ 1.2° で、ビーム走査範囲は上下左右 \pm 約 45° 程度と推測される。ミサイルを捕捉するためのレーダーであり、真っ直ぐだけ見る事は無く、合計 90° の範囲をカバーしていくものと思われる。探知距離については、TPY-2レーダーより大きな固定式のレーダーが4000kmの距離を感知できるという点などから想定すると、1000kmぐらいの距離が感知できるのではないかと考えられる。

防衛省の説明によると、照射面から150m離れた場所の電波の強度は、トランシーバーを耳から10cm離れた時の強度と同程度とされている。電波の強さは距離の2乗に反比例するが、トランシーバーの出力が100mW程度とすると、TPY-2レーダーの出力はおそらく数百KWと推測でき、このことから探知距離は約1000kmと推測される。

なお、海面へも照射しようとするれば可能であろうが、下方へ向けて照射すると地面や海面で反射し、レーダーとしての役割が果たせなくなるため、下方へ向けて照射することは無い。水平線より上に向けて照射することとなる。

3 生体等への影響について

電波が及ぼす生体への影響について、科学的に確立されている影響としては、100KHz以下の電波では刺激作用、また100KHz以上の高周波については、熱作用が知られている。しかし、非熱的な作用、慢性的な曝露による疾病などを懸念する動きもある。ただし、Xバンド帯の電波には、放射線のように遺伝子などの生体内の物質を直接変化させる程のエネルギーはない。

この非熱的、慢性的な曝露による健康リスクの評価は現在行われている最中であるが、発がん性の評価については、低周波、携帯電話の無線周波とともに国際がん研究機関（IARC）の分類は2B（ヒトに対して発がん性があるかもしれない）である。このIARCの分類は、発がん性の強さではなく、科学的根拠の強弱により発がん性を持つ確度を分類していることに留意する必要がある。特にXバンドと周波数の近い携帯電話の無線周波数については、神経膠腫と聴神経鞘腫との間の陽性の関連を示す疫学研究結果をもとに、ヒトに関する限定的な証拠があると結論付け、また生物研究に関する初期の研究を含む40件以上の研究報告のうち、一部陽性を示した14件の報告をもとに、生物に関する限定的な証拠があると結論付けた上で、IARCの分類クライテリアを参照した結果として2Bとの分類が行われた経緯がある。一方で、その評価の途上では、2Bに該当するほどの証拠では無いとの議論もあったとのことである。

これに対し、世界保健機関（WHO）では、IARC主導により13カ国が参加した疫学調査により報告された、10年以上の携帯電話使用に伴う神経膠腫および髄膜腫のリスク上昇は見られないという結果を踏まえるとともに、同報告における携帯電話の累積使用時間も上位10%における、神経膠腫のリスク上昇の示唆に対しては、使用期間の増大に伴うリスク上昇の一貫した傾向はなく、バイアスと誤差の可能性もあるために、結論の強固さは限定的であり因果的な解釈はできないと結論づけている。さらに、生物研究に関しても長期的ばく露でのがんリスク上昇がないことを一貫して示していると評価し、現在健康リスク評価書（EHC）を作成中である。

他の見解も総合すると、100KHz以上の電磁波で考慮すべき主たる影響は熱作用であり、現時点で発がん性などがあるとする科学的根拠は確立していないということが、科学的な立場からの

解釈である。

TPY-2レーダーの場合は、使用される波長域では、そのエネルギーが人体に向けて照射された場合、6割以上が皮膚で反射し、さらに入射したエネルギーは皮膚の厚さ数ミリメートルの間で5割以上が吸収されることが予想される。このため、実質的には人体表面での熱作用を主として検討すればよいこと、また、仮に疾病への寄与があると考えたとしても、体内に侵入する深さが浅く、想定される疾病は体表面に関わることであり、体内深部の臓器のがんなどの重篤な生体影響への寄与は、もしあるとしても極々わずかであると考えられる。

なお、熱作用については、日本では非電離領域(10KHzから300GHz)の電波について、「電波防護指針」の中で厳しく基準が定められており、これを遵守して立入禁止区域を設定する限りにおいては、問題は生じないとする。

また、TPY-2レーダーの正確な出力、パルスを発射する間隔が不明だが、人体等への影響を考える場合、最大出力ではなく、平均出力から判断すべきである。

さらに、海鳥への影響について、鳥がレーダーの近傍を通過するにしても、通過時間が短く継続的に照射される可能性は小さいことから熱作用による影響は考えにくい。また、これまで鳥の感覚器などに弱い電波が影響を起こす例が報告されているが、影響する周波数はMHz帯であり、Xバンド帯では、そのような影響は生じないとする。

4 電波干渉について

防衛省の回答では、万全を期すため周辺の使用状況を確認した上で使用することとされており、地上波テレビ、ラジオ、携帯電話や無線LAN、漁船の無線やGPSについても影響が無いなどとされている。周波数が異なることに加え、受信機を作る側も対策を施しており、また、米軍でもGPSも使用していると思われることから、影響が無いとする防衛省の回答は妥当である。なお、Xバンド帯を使用する船舶用レーダーについては、船舶用レーダーは他のレーダーからの電波干渉を前提として造られており、影響として考えられるとすれば、映像上に他の船から出てくるような干渉が一瞬出るかもしれないが、船舶用レーダーが1周(2.5秒)する間には消えている程度ではないかと思われ、航行等に影響が出るものではない。

万が一、衛星放送などで受信障害が発生しても、連絡・相談窓口を通じて、防衛省で個別に対処措置が取られるので、問題とならないと考えられる。

5 まとめ

TPY-2レーダーに係る電波の影響について、TPY-2レーダーで使用するXバンド帯の電波の特性として、生体等へ及ぼす影響は熱作用に限定され、その強度は出力が影響するため、レーダー前面に立入禁止区域を設けることにより、安全性は担保されると考えられる。

また、サイドローブや発電機等から発生する電波・電磁界も含め、防衛省において国の安全基準以下となるよう調査・確認もされるとのことであり、これらについても生体等への影響は考えにくい。

したがって、国の安全基準に基づいて立入禁止区域などが設定されれば、電波が及ぼす影響については、特に問題が無い。

さらに、電波干渉については、他の周波数帯の電波への干渉は考えられず、Xバンド帯の電波についても、電波干渉が発生することはほとんど無いと思われるが、干渉があったとしても極僅かであると考えられ、万が一、干渉があった場合には防衛省において対処措置が講じられることとされており、問題となるものではない。