

# JEIC NEWS

Japan EMF Information Center News

2020年12月発行

No.

59

Index

●

P2

巻頭言

Web 会議で感じた違和感

●

P3～9

EMFトレンド情報

国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) の解説文書  
「低周波ガイドラインに関連する知識のギャップ」について

●

P10～13

JEICレポート

ICT (情報通信技術) 利用に潜む問題

●

P14～15

コラム

博多駅近くの石碑



電磁界情報センター

# Web会議で感じた違和感

情報調査グループマネージャー 表 智康

今年初めから徐々に全世界に拡大し、猛威を振るっている新型コロナウイルス感染症ですが、それが私たちの日常生活や社会生活に及ぼしている影響は非常に大きなものになっています。3月には東京オリンピックおよびパラリンピックの1年延期が決定し、その後、世界中の様々な国で都市封鎖が実施され、日本でも緊急事態宣言が出されて4月上旬から5月下旬までの間に様々な制限が求められました。その第1波を乗り越えたと思うと、すぐに次の第2波、第3波が襲来し、決して油断できない状況が現在も続いています。

流行が始まった最初の頃は、「季節性インフルエンザと同じで春になったら収束する」とか、「梅雨時期にはウイルスの感染力が低下する」などとの希望的観測が出されていましたが、現在の世界の状況を目の当たりにすると、今後の展望にこのような楽観的な観測をする人も少ないと思います。以前の日常生活と同じような状態には言いませんが、安心して生活できる状態に早く戻ることを期待しています。

さて、今回の事象が私たちの生活にもたらした影響はどのようなものであったのでしょうか。例えば、数年前から働き方改革の一環としてリモートワークやIoTなどのキーワードをよく耳にしていますが、今までやってきている仕事や生活の延長でそのような新しい技術を導入していこうと皆さんも努力されていたと思います。しかし、新型コロナウイルス感染症の流行によって、外出自粛などのために急激に、しかも極端に導入せざるを得ない状況になりました。弊所の業務においてもテレワークやWeb会議などが導入されましたが、約半年が経過してようやく慣れてきたところです。私自身としては以前のような対面式での仕事や会議が懐かしく、早く戻って欲しいと思っています。

しかしながら、この生活様式の変化は既に流行前と同じような状態に戻ることは無く、新しい生活様式がこれからの日常になると思われ、日々悪戦苦闘しています。

ところで、日常になりつつあるWebによる打ち合わせや会議に参加していて、以前の対面式のものでは感じたことのない違和感がありました。それは、話をしている人は画面に映っていて、その人の表情も含めて良く分かるのですが、それを聞いている他の参加者の表情が全く分からないことでした。また、説明する資料を表示させている場合には、説明者の表情さえも全く分かりません。白熱した議論をしようとしても、複数人が同時に話をすることはできず、発言するためには辛抱強く順番待ちをする必要があります。なんだか分かりにくい説明を聞いているようで、議論も活発にできていないような印象を受けました。今までの対面式の会議などでは、私たちは知らず知らずのうちに相手や周囲の人の表情や動作を意識しながら議論を繰り広げていたことに初めて気づきました。望ましくは、このような感覚までも伝えることのできる技術の開発を期待しています。

電磁界情報センターでは様々なセミナーや講演会などを実施していますが、昨今の事情から今年度はWebでの動画による配信に取り組んでいます。今までは対面式で参加者の反応を見ながら分かりやすく説明することを心掛けていましたが、動画による配信ではそういうわけにもいきません。もちろん分かりやすい資料を作成するのは当然ですが、今まで以上に丁寧な説明をしていく必要があると考えています。それでも疑問に思われる部分がある場合には、気軽に電磁界情報センターまでお問い合わせください。

# 「低周波ガイドラインに関連する知識のギャップ」について

電磁界情報センター 専門家ネットワークメンバー 宮城 浩明

国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) は2020年4月、『「時間変化する電界および磁界へのばく露制限に関するガイドライン(1 Hzから100 kHzまで)」に関連する知識のギャップ』と題する解説文書<sup>1</sup>を、専門誌*Health Physics*に発表するとともに、ウェブサイトに掲載しました<sup>2</sup>。本稿では、この文書の内容を概説します。

## はじめに

超低周波 (ELF) の電界および磁界へのばく露によって生じるかもしれない健康影響についての研究は40年以上前に始まり、今ではこの周波数範囲の磁界の影響に焦点を当てた文献が大量に存在します。科学的に裏付けられた急性影響には、高いELF磁界レベルで生じ得る神経系の機能への影響、ならびにELF電界ばく露に関連した知覚および不快感があります。ICNIRPが2010年に刊行したばく露ガイドライン<sup>3</sup>は、そのような影響に対する防護のために策定されています。一部の疫学研究のデータは、ガイドラインより低いレベルのELF磁界へのばく露と健康影響との間に関連があるかもしれないことを示唆していますが、それらは決定的ではありません。国際がん研究機関 (IARC) は2002年、ELF磁界を「ヒトに対して発がん性があるかもしれない」と分類しました<sup>4</sup>。この分類は疫学研究からの知見に基づくものですが、実験研究からのデータによる裏付けは得

られていません。

ELF磁界の影響についての科学的証拠の包括的レビューおよび健康リスク評価は、例えば世界保健機関 (WHO) が2007年に環境保健クライテリア (EHC) モノグラフ<sup>5</sup>として、より最近では、欧州委員会に対する諮問機関である「新興・新規に同定された健康リスクに関する科学委員会 (SCENIHR)」が2009年<sup>6</sup>と2015年<sup>7</sup>に意見書として刊行しています。これらの文書の主な目的は、ELF磁界ばく露の生物学的影響についての科学的文献をレビューし、何らかの健康リスクを評価し、各国の保健当局向けに対策を勧告することです。ICNIRPの2010年の低周波ガイドラインは、WHOのEHCに示された証拠に基づいていますが、ICNIRPは同ガイドライン策定の際、知識のギャップが幾つかあり、低減係数を用いることで、それらを考慮しなければならないと認識しました。

この解説文書の目的は、ICNIRPの将来のガイドライン策定およびばく露限度値の改定に資するよう

1 International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Gaps in Knowledge Relevant to the "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz-100 kHz)". *Health Phys* 2020;118(5):533-542. doi: 10.1097/HP.0000000000001261.

2 <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLfgaps2020.pdf>

3 <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf> (英語版)  
<https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdljap.pdf> (日本語版)

4 <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Non-ionizing-Radiation-Part-1-Static-And-Extremely-Low-frequency-ELF-Electric-And-Magnetic-Fields-2002>

5 [https://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/](https://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/)

6 [https://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_022.pdf](https://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf)

7 [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihr\\_o\\_041.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf)

な、研究におけるデータギャップを同定することで、ICNIRPは、この目的のためのアルゴリズムを作成しました(後述)。特定の研究分野の評価により、既刊の文献に知識の欠落がある分野、またはデータが決定的ではなく、ガイドラインの限度値がそこから導出される生物学的影響についての知識の改善のために更なる研究が必要とされる分野が同定されました。評価した研究分野のうち、神経行動、炎症および免疫系、内分泌系、生殖および発達、心臓血管系への影響、ならびにELF磁界とその他の環境因子への同時ばく露の影響については、十分な情報があり、更なる研究が必要とは見なされませんでした。この文書は、これらの影響については、更なる研究を実施しても将来のガイドライン策定に資するものではないとしています。

## 推奨された研究分野

作成されたアルゴリズムを用いて、ガイドライン策定に潜在的に関連するデータギャップがある研究分野として、電界または磁界内の導体への接触に関連した痛み、神経変性疾患、小児白血病、幾つかの相互作用のメカニズム、ドシメトリの更なる改善、

が同定されました。以下に、ICNIRPの解説文書における、これらの研究分野についての推奨事項を示します。また、表1にその要点を示します。

### 痛みの知覚

人物が電界または磁界内の導体に接触する場合、強い接触電流を生じることがあります。これはその人物と導体との間に電流を生じ、周波数に応じて、神経刺激または加熱を生じる可能性があります。接触電流の強度と痛みとの関連を評価した発表済みの研究は1報しかなく、限られた範囲の接触形態しか評価できなかったため、接触時間と痛みとの関連は検証しませんでした。また、この研究はこれまでに追試されていません。こうした制約は、神経刺激に対する接触電流の影響が減少し、加熱の役割が増す低周波範囲の上限では特に重要です。このため、この研究の追試、ならびに、接触電流が周波数およびばく露時間の関数として痛みを生じる閾値のより明確な確認のため、更なる研究が推奨されます。

### 神経変性疾患

SCENIHRは2015年の意見書で、ELF磁界ばく露と神経変性疾患についての新たな研究、ならびに、

表1 低周波電界および磁界と健康に関連する知識におけるデータギャップ

トピック	強固さ	整合性	コメント
痛みの知覚	全体として、限られた数の質が異なるヒト研究で、ほとんどのエンドポイントについて影響がないことが示されている。接触電流文献は1報に限られる	全体として、ヒトと動物のデータ間に整合性のない結果が示されている。痛みについての接触電流文献は単一の研究のみで構成されている	データギャップは接触電流のみにして同定されている。よって、接触電流についての更なる研究が推奨される
神経変性疾患	この分野での研究は強固ではない	結果に整合性がない	アルツハイマー病および筋萎縮性側索硬化症(ALS)についての更なる疫学研究および実験研究が有益であろう
小児白血病	適切な動物モデルを用いた限られた数の研究は強固ではない。ELF磁界と小児白血病については相当数の疫学研究がある	全体として、がんの誘発またはプロモーションに対する動物モデルからの支持はない。小児白血病についての疫学研究からの整合性のある結果はリスク上昇を示しているが、この知見は時間と共に弱まっている	小児白血病の実験モデルからのメカニズムおよび生物学的データについての更なる研究が推奨される。生物学的根拠のある仮説のない更なる疫学研究は推奨されない
神経回路網の発火パターン	現象は十分に確立されている	感度の推定値の幅が広い	正確なメカニズムおよび組織の電界の導出における不確かさから、実際の閾値は現行のレベルよりも低いかもしれない(あるいは高いかもしれない)ことが示されている
フリーラジカルの寿命	フリーラジカルの寿命に対する磁界の影響は十分に確立されているが、磁界の値は参考レベルよりも高い	ラジカルベアメカニズムは、それによって生体系が低強度の磁界を感知し得る、物理学的にもっともらしい唯一の方法である。観察されている結果は、予測される健康影響を説明し、ガイドラインでの検討を要求するには程遠い	進行中の研究結果は、基準策定に関連する結論の見直しの動機付けとなり得る
ドシメトリおよびモデリング	磁界ばく露についての報告が若干あるが、強固ではないものもある。ELFばく露、接触電流および非正弦波ばく露についての研究は限定的	モデル間の相互比較が幾つかあるが、更に必要である。仮定のより批判的な検証が必要である	かなりのギャップが残されている

複数の系統的レビューおよび[同種の研究のデータをあわせて検討する]メタ分析を精査しました。その結果、ELF磁界と筋萎縮性側索硬化症(ALS)およびアルツハイマー病のリスクとの弱い関連が報告されているものの、出版バイアスの証拠があり、また研究間に統計的に有意な不一致があること、また、ALSについては、職種に基づく評価と比較して、ELF磁界の推定値との関連は弱い、と指摘しました。SCENIHRの意見書の刊行後、ALSについての大規模コホート研究および症例対照研究がいくつか発表されましたが、それらの結果は矛盾しています。また、新たなメタ分析も発表されています。これらの研究は全て、ALSおよびアルツハイマー病のリスクの僅かな上昇を報告していますが、やはり結果に相当の不一致があります。入手可能な研究の大半は、職業的ばく露に焦点を当てており、ばく露評価に制約があったり、その他の職業的ばく露からの交絡が制御されていなかったりすることがしばしばあります。例えば、ALSについては、電撃との関連が認められ、ELF磁界ばく露との関連が認められないという研究もあれば、その逆の論文もあります。系統的レビューやメタ分析では、程度の差はあるものの、比較可能なばく露レベルと病気の誘導期間に基づいてリスク推定値を組み合わせることに努力を払っていますが、[レビュー対象の論文を執筆した]大元の研究者による様々な選択の違いにより出版バイアスを生じることがあり、比較が常に可能というわけではありません。患者ベースの研究は選択バイアスを生じる傾向があり、他方で人口集団ベースの研究は職歴についての情報が不完全なことがしばしばあります。まとめると、ALSおよびアルツハイマー病について時折観察されるリスク上昇が、実際の因果関係を反映しているのか、あるいはバイアスによるものかは、依然として明確ではありません。

ICNIRPガイドライン(2010年)以降に発表された、ELF磁界と神経変性疾患との関連についてのメカニズムを調査した実験研究(動物/細胞研究)は極少数しかありません。これらの研究から得られた証拠から、短期的なELF磁界ばく露が軽度の酸化ストレス(活性酸素種(ROS)の中程度の増加、および抗酸化物質のレベルの変化)を生じること、ならびに

抗炎症性プロセスの活性化(炎症促進性サイトカインの減少、および抗炎症性サイトカインの増加)を生じるかもしれないことが示唆されています。但し、既存の実験研究は全体として、ELF磁界と神経変性疾患との間に因果関係があるかどうかという問いに答えるには不十分です。より最近では、2013年以降、アルツハイマー病の複数の動物モデルに対するELF磁界の影響が、実験研究で調べられています。但し、この動物モデルの中には、例えば正常な成熟した動物を用いるなど、不適当なものもあります。これまでの研究では様々な結果(神経変性疾患から防護する効果あり、効果も影響もなし、または悪影響あり)が示されており、決定的というには程遠い状態です。

よって、ELF磁界ばく露がALSおよびアルツハイマー病の発症または進行に影響し得るかどうかは依然として不明であり、更なる疫学研究および実験研究が必要です。ALSのような稀な病気については、入手可能な人口集団ベースの研究をプールすること、ばく露の定義、ばく露のカットポイント、誘導期間をハーモナイズし、敏感な小集団を調査することが、前に進む方法の一つかもしれません。アルツハイマー病については、更なる人口集団ベースのコホート研究、またはコホート内症例対照研究が推奨されます。

### 小児白血病

小児白血病は、疫学研究でELF磁界への環境ばく露との関連が一貫して報告されている唯一の病気です。この関連が、ELF磁界を「ヒトに対して発がん性があるかもしれない」としたIARCの2002年の分類の論拠となりました。この分類は、比較的高いELF磁界(1日平均で0.3~0.4  $\mu$ T超)の屋内での小児白血病のリスク上昇についての、疫学研究からの知見に基づくものですが、動物実験からの支持は得られておらず、また、このばく露レベルでの生物学的構造に対する何らかの影響を説明できるメカニズム的なデータもありません。更に、小児白血病の主な形態である急性Bリンパ芽球性白血病(B-ALL)の適切な動物モデルはまだありません。化学物質でB-ALLを誘発させた動物モデル(WKAH/Hkm雄マ

ウス)を用いた研究では、100  $\mu\text{T}$ の50 Hz磁界ばく露(150、250または350 Hzの高調波あり/なしで実施)は、白血病の発生率の有意な変化を生じませんでした。

欧州連合(EU)の第7次枠組み研究プログラムの下で実施されたARIMMORAプロジェクト<sup>8</sup>において、B-ALLを発症させるため、ヒトのETV6-RUNX1融合遺伝子を発現する遺伝子導入マウスモデルが作成されました。このモデルは、小児白血病に対するELF磁界の潜在的影響の更なる調査に有効であろうと考えられます。更に、B-ALLで同定されたその他の病理学的プロセス、例えばエピジェネティックな変化や(特に骨髄での)血管新生についてのデータも欠落しています。

より最近では、妊娠中(妊娠12日目)から自然死に至るまで、2～1000  $\mu\text{T}$ の50 Hz磁界に単独ばく露、あるいは6月齢時にガンマ線照射(0.1 Gy)と、または6週齢時から飲料水中のホルムアルデヒド投与(50 mg/L)と組合せたラットについて、3報の研究が実施されています。これらの研究では、磁界単独ばく露群には影響は認められませんでした。ガンマ線およびホルムアルデヒドとの組合せた場合には腫瘍発生率の上昇が報告されました。腫瘍の種類は組合せた因子によって異なり、ガンマ線照射群の雌雄で乳腺、雄でリンパ腫、白血病、悪性心臓神経鞘腫が、ホルムアルデヒド投与群の雄で甲状腺C細胞がん、血リンパ網状腫瘍(リンパ腫、白血病、組織急性肉腫)が認められました。

2016年に発表された文献レビューでは、大規模なデータセットが評価され、ELF磁界ばく露後のヒト細胞株に対する遺伝的損傷について影響ありの結果と影響なしの結果が報告されましたが、過去に実施されたヒト細胞遺伝学的バイオモニタリング研究では、圧倒的に影響ありの結果が示されており、観察された細胞遺伝学的損傷はがんリスクの上昇と相関していることが報告されています。

商用周波数磁界への居住環境ばく露についての疫学研究では、子どもの住居での0.3～0.4  $\mu\text{T}$ 超のELF磁界レベルと小児白血病の若干のリスク上昇との関連が一貫して認められていますが、この関連の別の説明として、偶然、交絡、またはその他のバイ

アスを排除することはできません。更に、報告されている関連性は、最近の研究や、過去の研究結果の再分析では小さくなっています。小児白血病のリスクと子どもの住居から電力線までの距離との関連についての最近の大規模なプール分析では、高圧線の極近傍で小さな、不正確なリスク上昇が示されており、これは磁界ばく露では説明できそうにないと言われています。小児白血病は極めて稀な病気であり、同じデザインの新たな疫学研究を実施しても、従来の研究と同じタイプのバイアスの潜在的影響を受けることになり、更なる知識を得られる見込みはなさそうです。他の系統の研究からの更なる知識によって、潜在的な生物学的メカニズムについて洞察を与える証拠が示され、仮説に基づく研究の基礎が提示され、潜在的に敏感な小集団が同定され、関連するばく露指標の評価の改善がなされない限り、新たな疫学研究が上述の全体的な結論を変更することはなさそうです。成人のがんに対するELF磁界の潜在的影響についても同じことが言えます。それでも疫学研究を実施する場合、リスク推定値をプールできるようにするため、既存のプール分析で用いられたばく露レベル(居住環境で0.3～0.4  $\mu\text{T}$ 超)での結果を報告することが重要です。疫学研究のデータを検証し、磁界ばく露によって生じるかもしれない形質転換のメカニズムの同定に資するため、動物研究および細胞研究用の特定のモデルの開発を促進することが望まれます。

### 相互作用のメカニズム

WHOのEHCモノグラフ作成のためのタスクグループ会議では、ICNIRPガイドラインよりも低いレベルで生じうる影響に関するもっともらしいメカニズムについて、多くの議論がなされました。この議論はEHCモノグラフの文言に反映され、候補となる3つのメカニズム(神経回路網におけるシナプス伝達に対する弱い電界の影響、反応速度を変化させるラジカルペアに対する磁界の影響、動物やヒトの組織に微量に存在する磁鉄鉱結晶の影響)が精査されました。

EHCモノグラフでは、神経回路網の識別に対する下限値として1 mV  $\text{m}^{-1}$ が示唆されるが、現在の証

8 参考情報 : [http://www.jeic-emf.jp/whats\\_new/4075.html](http://www.jeic-emf.jp/whats_new/4075.html)

拠に基づけば、10-100 mV m<sup>-1</sup>前後に閾値がある可能性がより高そうである、とされています。つまり、追加的データから、ICNIRPガイドラインで推奨されている基本制限(100 mV m<sup>-1</sup>)未満で影響がある可能性が示唆されています。この分野の研究はデータギャップを埋める見込みがありそうですが、フォローアップはほとんど実施されていません。網膜の神経回路網における電界が磁界を誘導することによって生じると考えられている磁気閃光現象についての研究が、実験的および理論的に継続されています。但し、この現象の厳密な発生部位、周波数依存性、発生のメカニズムは依然として不明です。

EHCモノグラフでは、鳥類の渡りやその他の磁気感覚現象にラジカルペアメカニズムの影響が関与しているとして、地磁気は約50 μTであり、静磁界およびELF磁界によって生じる影響は本質的に同じなので、これよりも大幅に低い静磁界およびELF磁界に生物学的な有意性がある可能性は低いであろう、とされています。鳥類の磁気受容における網膜のクリプトクロム[青色光受容体タンパク質]および関連するフリーラジカルの寿命の役割についての複数のグループによる研究が議論を生じており、ROSとのつながりが同定されています。哺乳類の磁気感覚におけるELF磁界との相互作用の可能性についての実験研究の関連性はさほど明確ではありませんが、生体系はより低いレベルの静磁界に対しても敏感かもしれないことを示唆する研究があり、最近では魚類における磁気受容が調査されています。但し、ラジカルペアメカニズムと潜在的な健康影響との関連は示されていません。

全体として、これらの可能性のある相互作用メカニズムのうち、ガイドライン策定に対して有益となりそうなものは、磁気閃光についての更なる研究だけです。

### ドシメトリおよびモデリング

ICNIRPガイドライン(2010年)で言及された、モデリングおよびドシメトリに関連する幾つかの不確かさは、未だ明確にされていません。

網膜における神経刺激作用についての体内電界強度の閾値(50 ~ 100 mV m<sup>-1</sup>)の推定値を明確にす

ることは有益でしょう。頭部の中枢神経系に対する基本制限(1 Hz ~ 1 kHz)はこの推定値から導出しているので、実験で得られた閾値の統計的分布を、コンピュータ計算によるアプローチとあわせて評価することが望まれます。電気閃光と磁気閃光の両方についての実験データのレビューでは、閾値は56 mV m<sup>-1</sup>と報告されていますが、信頼区間の幅が2 ~ 1330 mV m<sup>-1</sup>と広いです。

ICNIRPガイドライン(2010年)における基本制限から外部磁界強度についての参考レベルの導出に関しても、不確かさがあります。末梢神経系(PNS)における体内電界強度に対する明示的な変換係数(または結合係数)が推定され、ICNIRPガイドラインの参考レベルは過度に保守的であることが示唆されています。一般公衆に対する参考レベルでは、頭部および胴体のばく露は基本制限の2.5分の1(40%)かそれ以下に低くなることが示されています。この乖離は低周波範囲全体にわたって存在し、これは大部分において、用いられた人体モデルの違いによるものです。ボクセルモデルの精度は年々改善されており、研究グループ間の相違が以前は約200%もあったのが、最近では20 ~ 30%まで縮小しています。解剖学的モデルを用いることに関連する不確かさの最も有意な発生源の一つは、用いたモデルにおける導電率です。但し、組織の誘電特性における不確かさを詳細に検討するには、入手可能なデータは不十分であり、関連するドシメトリ研究の制度と妥当性を改善するため、更なる研究が必要です。変換係数を決定する上で、専門家によるモデル間の相互比較が特に有益でしょう。

低周波ガイドラインにおける外部電界強度についての参考レベルは、数値計算を用いて導出されています。体内電界強度と外部電界強度との関連は50/60 Hzでしか調べられておらず、不確かさが大きいです。1 kHz以上での外部電界についての参考レベルを改善するため、対象の人口集団および組織におけるばらつきを考慮した、詳細な数値計算を実施することが推奨されます。

最近の研究で、PNSについての神経興奮のモデリングが比較され、100 μs未満のパルスについては相当のばらつきがあることがわかりました。これは

主に、閾値の周波数依存性を特徴付けるクロナキシー値〔筋肉または神経線維の刺激に必要な最小時間〕のばらつきによるもので、最も適切な値を決定することが有益でしょう。実際の閾値データが決定していない周波数での制限値の精度の向上のため、神経興奮のモデリング、ならびに閾値の評価が推奨されます。

基本制限の設定に最も適切な平均化体積および距離をより明確にするため、更なる研究が必要です。関連する論点として、これらの値を導出する際のパーセンタイル値の選択があります。基本制限の定義に用いられている99パーセンタイル値は元々、球状の形態に対する均一ばく露に導入されたもので、その後、基本制限と参考レベルとの関連を導出することを主な目的とする解剖学的モデルに適用されました。最近、特に不均一なばく露について、この方法の欠点が示唆されており、この論点を明確にするための更なる研究が推奨されます。

体内電界と接触電流との関連についても、明確にする必要があります。この間接的な結合現象についての理解が乏しいことが、接触電流の刺激作用に対する基本制限が策定されていない理由の一つです。つまり、刺激作用は体内電界と関連していると仮定されており、また、接触電流と健康影響を関連付けるデータしかないことから、健康影響と体内電界ばく露それ自体との関連を決定することはできません。接触面での電流の不均一な分布についての論点(ICNIRPガイドラインではこれを扱っていません)も、更なる実験データを通じて明確にする必要があります。

パルスを含む非正弦波の評価方法も、調査に値する重要なトピックです。低周波ガイドラインでは、体内の電磁界と神経系との相互作用は単純化したモデルで表現できるという仮定に基づき、フーリエ変換分析が導入されています。この近似の相対的な保守性と適切性は確認されておらず、データギャップが残されていることから、将来のガイドライン策定に資するため、これに対処することが有益となります。

ICNIRPガイドラインにおける非正弦波に対する評価方法は、100 kHzまで適用可能ですが、同ガイ

ドラインでは制限値は10 MHzまで設定されているという点に留意する必要があります。評価方法はフーリエ変換分析または純粋な数学に基づいていることから、この評価方法は100 kHz超の周波数まで拡張できます。このため、非正弦波に対する評価方法の保守性と適切性の程度を、10 MHzまで調査することが望まれます。

### おわりに

低周波の電界および磁界と健康に関して、十分な情報がある分野もあれば、知識に明確なギャップがある分野もあります。ICNIRPの解説文書では、更なる研究が将来のICNIRPまたはその他の組織による低周波ガイドライン策定に大いに役に立つであろうと思われる、知識のギャップの一覧を提示しています。これらの研究ニーズは事前に定義されたアルゴリズムを用いて同定されましたが、優先順位は与えられておらず、研究者や関連する資金提供組織が、非電離放射線防護の改善に資するという全体的な目的を持って、これらの重要な論点への対処を検討することを意図して策定されました。

### 補足：「ガイドライン策定に関連性のある研究ニーズ」の決定方法

ICNIRPの主な目的は、全ての形態の非電離放射線(NIR)からヒトおよび環境を防護することです。この目的のため、ICNIRPは、ばく露制限の枠組みとなる科学に基づくばく露ガイドラインを策定し、これを啓蒙することで、助言およびガイダンスを提示しています。必要な場合、ICNIRPは確立された健康影響、および潜在的な健康影響に関して、合意の得られた提言を作成するため、他の専門家グループによる詳細なレビューを用います。これにより、ICNIRPのガイドラインの健全性を担保しています。但し、このプロセスにおいて、関連する知識のギャップが同定されることがあります。また、ICNIRPは従来のガイドラインの作成の際に、知識のギャップが幾つかあることを認識しました。このためICNIRPは、同定された知識のギャップを強調する

研究課題 (research agenda) の起草に責任を負う「データギャップ・プロジェクトグループ (DG-PG)」を設置しました。ICNIRPは、NIRに関する研究ニーズを強調することで、将来のガイドライン策定に資する研究が実施されることが有益であろうと考えています。DG-PGは各周波数範囲での研究のギャップを同定することになります。今回発表された文書はその手始めとなるもので、低周波 (1 Hzから100 kHzまで) を対象としています。

研究ニーズの同定のためのアルゴリズムが作成されました (図1～3参照)。このアルゴリズムは、透明性、他のNIRガイドラインとの整合性、ガイドライン策定に対する関連性を最大化し、ガイドライン

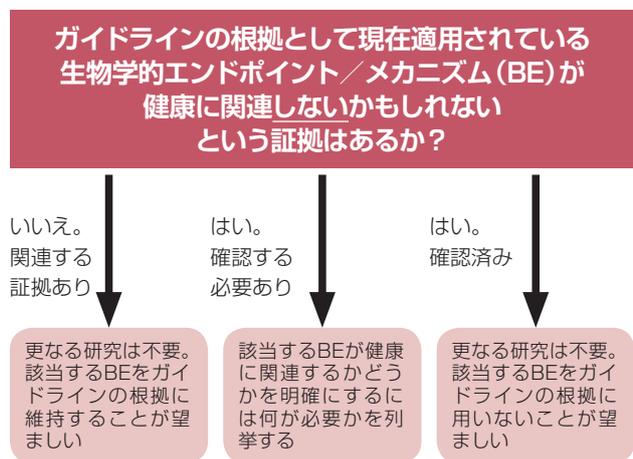


図1 研究ニーズの同定に用いられるアルゴリズムの第1段階：現在含まれているエンドポイントの関連性の評価。  
注) BE：生物学的エンドポイント／メカニズム

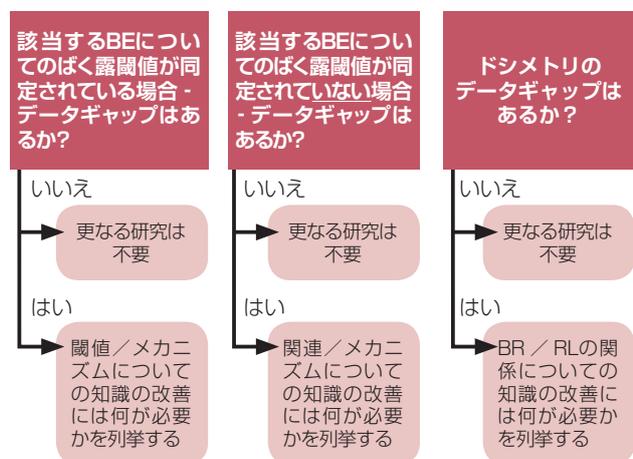


図2 研究ニーズの同定に用いられるアルゴリズムの第2段階：閾値およびドシメトリに関連するデータギャップの評価。  
注) BE：生物学的エンドポイント／メカニズム、BR：基本制限、RL：参考レベル

にとって有益でない研究の推奨を避けることを意図したのですが、推奨される研究に優先順位を与えることは意図していません。

図1は、現行のガイドラインで評価されている生物学的エンドポイントに関連する論点を評価する方法を示しています。図2は、閾値およびドシメトリに関連する生物学的エンドポイントがあるかどうかを検討しています。図3では、それまでは考慮されてこなかったものの、将来のガイドラインにとって重要かもしれないエンドポイントの関連性を評価できるようにしています。これらのステップの主な目的は、そこからガイドラインの制限値が導出される生物学的エンドポイントまたはメカニズムをより良く同定し、明確にすることです。ここで、「健康に関連する (relevant to health)」という文言は、該当する生物学的エンドポイントまたはメカニズムには健康への悪影響と何らかの関連があることが知られている、または、それらが特定の病気についてのバイオマーカー (生物学的指標) として用いられている、ということの意味するためだけに用いられています。

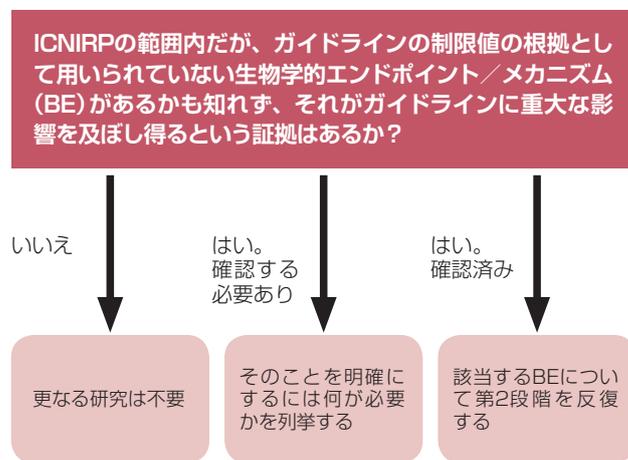


図3 研究ニーズの同定に用いられるアルゴリズムの第3段階：ガイドラインの根拠として現在用いられていないエンドポイントの関連性の評価。  
注) BE：生物学的エンドポイント／メカニズム。このアルゴリズムはプロセスの方向性と正当性を示すものですが、ガイドラインの策定に情報を与えるような研究を奨励するという本来の目的を犠牲にしてまで、プロセスの方向性と正当性を示すことは意図してない、という点に留意することが重要です。このため、DG-PGメンバーに対しても、この構造から外れて考え、仮にこのアルゴリズムに厳密には適合しない研究であっても、それを推奨に盛り込むことを奨励しました。但し、このアルゴリズムと推奨された研究との間に何らかの不一致が同定された場合、DG-PGは、その研究がアルゴリズムを満たさないにもかかわらず、なぜ推奨されたかについての正当性を提示することを要求しました。その場合、将来の利用のため、アルゴリズムの適用可能性を改善するための再検討がなされました。

# ICT(情報通信技術)利用に潜む問題

電磁界情報センター 所長 大久保 千代次

ICT<sup>\*1</sup> (Information Communication Technology : 情報通信技術) は人々の生活の質 (QOL: Quality of Life) を確実に向上させている事には論を待ちません。5G (第5世代移動通信システム) の携帯電話(スマートフォン)、パソコンやタブレット、家庭にあるBluetooth、IoT<sup>\*2</sup> (Internet of things : 物のインターネット) など、どれを取っても既にあるいは近い将来に現代生活を支える基盤技術となっており、あるいはなるであろうと思われます。これらICTで使われている電波ばく露の健康影響については、WHOをはじめ、日本を含む世界各国でそのリスク評価を行っています。労働環境、生活環境のばく露が公衆衛生上問題になるという公的な見解はこれまで有りません。しかし、ICT利用の陰の側面には留意する必要があることを今回説明致します。具体的には、幼年期を含む青少年のスマートフォンやインターネットへの依存問題です。

※1 ICT : スマートフォン・タブレット端末など情報通信技術

※2 IoT : コンピュータやスマートフォンなどの情報通信機器端末のみならず、エアコン・洗濯機などの家電製品、自動車、医療機器など多種多様な物(things)をインターネットに接続して制御する技術

## 1. 大井田先生の報告

この問題に気づいたのは、2011年に発表された日本大学の<sup>1)</sup>大井田隆教室の論文<sup>2)</sup>がきっかけでした。大井田先生は元国立公衆衛生院の同僚です。大井田先生は、消灯後の携帯電話の使用と日本の青年の睡眠障害との関連を横断研究という方法で疫学調査を行いました。対象は全国の中学校・高校生で、合計95,680人(回答率63%)が回答しています。毎日の携帯電話の使用は、84.4%で、消灯後の携帯電話の利用については、8.3%が毎日通話し、17.6%が毎日のテキストメッセージを送信していました。携帯電話を使用して電話をかけたり、消灯後にテキストメッセージを送信したりすることが、睡眠障害(睡眠時間の短さ、睡眠の質の低下、日中の過度の眠気、不眠症の症状)に関連する事が示されました。この論文では、ライフスタイルとして消灯後の携帯電話使用が睡眠に影響を与えるかどうかを調べていますので、携帯電話から発信される電波の影響については深く考察していません。

## 2. 携帯電話からの電波の影響ではない事の推論

そこで、携帯電話と睡眠に関する論文を調べました。2011年の時点で睡眠脳波に影響があるという論文がいくつか有りました<sup>2,3)</sup>。その後も携帯電話からの電波ばく露が、睡眠脳波に影響を与えるという報告は続きましたが、この脳波の変化は生理的な脳波変化の範囲内と解釈されており、睡眠障害を導くとは考えられていません<sup>4)</sup>。

2012年にスイスから発表された携帯電話などの電波ばく露による睡眠障害に関する前向きコホート研究という方法を使った疫学論文<sup>5)</sup>を紹介します。対象人数は955人で、電波ばく露の推定値と睡眠の質を質問票で回答して貰いました。その内119人には寝室の電波ばく露レベルの測定や脳波を測定して睡眠深度も測定しています。その結果、携帯電話のオペレータ記録または自己申告の携帯電話使用データのどちらも、睡眠障害または昼間の眠気と関連せず、生活環境中の電波ばく露(モデル計算)は自己申

告の睡眠の質に影響しないと報告しています。

2015年にオランダから発表された7歳児が使用する携帯電話と固定電話の子機からの電波ばく露と睡眠障害について、これも前向きな出生コホートという方法で調査した疫学論文<sup>6)</sup>を紹介します。対象は2,361人で、電波ばく露が申告による睡眠の質に関連するか否かを調べました。その結果、携帯電話使用の多さは、睡眠時間、夜間覚醒、睡眠時随伴症と関連したにもかかわらず、同じ様に電波を発信する固定電話の子機の使用はどの睡眠指標も関連しなかったのです。この事は、7歳児の睡眠の質を損なうのは電波ばく露が原因ではないことを示しています。それでは、他の要因としては何が有るのか？という疑問が生じます。

睡眠障害ではないのですが、2015年に台湾から発表された小児における携帯電話の使用と健康症状の関連を横断研究という方法で調査した疫学論文<sup>7)</sup>を紹介します。対象は11-15歳の2,042人で過去1ヶ月に携帯電話を使用したのは全体の63.2%で、非使用者に比べて、頭痛・偏頭痛や、皮膚のひりひり感も上昇、一方、入眠時間は短縮していました。そして、子どもの健康状態が、1年前よりも非使用者に比べて悪化していました。

2016年に韓国から発表された思春期層でのスマートフォンばく露と眼の健康との関連を横断研究という方法で調査した疫学論文<sup>8)</sup>を紹介します。対象は715人で、スマートフォン使用状況および眼症状(霧視、充血、視覚障害、分泌物、炎症、流涙、ドライアイ)の自己申告スコアを調査した結果、一日の使用時間が2時間以下群に比較して2時間を超える使用群で、眼症状が複数上昇していました。

2017年に日本から発表された15-19歳の携帯電話やSNS(ソーシャル・ネットワーキング・サービス:フェイスブック、ツイッター、インスタグラム等)の過剰使用と不眠症および抑うつとの関連を横断研究という方法で調査した疫学論文<sup>9)</sup>を紹介します。対象は295人の高校生で、携帯電話の使用と不眠症および抑うつ状況を調べました。その結果、生徒の98.6%が携帯電話を所有し、58.6%が2時間/日

以上、10.5%が5時間/日以上使用しており、5時間/日以上の携帯電話使用は、より短い睡眠時間および不眠症と関連していました。また、SNSおよびオンラインチャットを2時間/日以上の使用群で、抑うつのリスク上昇が観察されました。

これらの論文<sup>7-9)</sup>では電波ばく露については触れていませんが、携帯電話の過剰使用が睡眠障害以外にも様々な健康影響を及ぼしていることが分かっています。2018年にNHKでも紹介され注目された、インターネット依存に関する厚生労働省の研究報告<sup>10)</sup>を紹介します。研究代表者は、鳥取大学の尾崎米厚先生で、先生も元国立公衆衛生院の同僚です。対象は、全国の中学48校と高校55校の全校生徒を対象に調査し、64,329人から回答を得ています。元来は未成年の喫煙や飲酒問題に焦点をあてていましたが、新たにネット依存性についても調査しています。調査では「ネット使用を制限できなかった」「やめようとしたらイライラした」など8項目の適格審査項目のうち3~4項目当てはまると不適応使用者、5項目以上だと病的使用者として「ネット依存の疑い」としています。その結果、ネット依存の疑いのある割合は、中学男子で10.6%、女子で14.3%、高校男子で13.2%、女子で18.9%となっていて、全国では少なくとも93万人と推計されています。スマートフォンを使ったゲームや会員制交流サイト(SNS)の普及が背景にあると推察され、2012年調査時の51万人から倍近く増えています。図1にネット依存性が高い学生の割合(男女平均)を示しています。ネット依存では成績低下、居眠りなどの影響が出ており、研究班は対策強化の必要性を指摘しています。

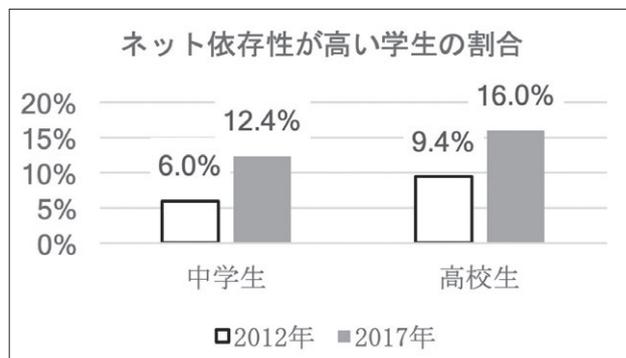


図1 ネット依存性が高い学生の割合。2012年と2017年調査の比較<sup>10)</sup>

これに関連して、2014年の文部科学省が学力テストと併せて行う児童生徒へのアンケート調査結果が全国教育問題協議会<sup>11)</sup>から公表されていました。この調査で初めてスマートフォンなどの平日の使用時間を尋ね、生活のかなりの時間を割いている実態が浮き彫りになりました。小学6年生の半数以上が携帯やスマホを使用しており、中学3年生の約半数が1日1時間以上携帯電話やスマートフォンでメールやネットを行い、4時間以上費やす生徒も1割を超え、小学生・中学生の全教科で、使用時間が増えるほど成績が低下する「スマホ学力低下現象」傾向が見られたと報告されています。図2は、国語と算数の平均正答率とスマートフォンなどの使用時間との関係を示しています。スマートフォンなどの使用時間が30分未満の児童生徒と4時間以上の児童生徒の正答率を比べると、全科目平均で約14ポイント、最も大きい中学数学Bでは18.6ポイントも差があり、スマートフォンなどの使用時間が学力に大きな影響を与えていることが分かります。

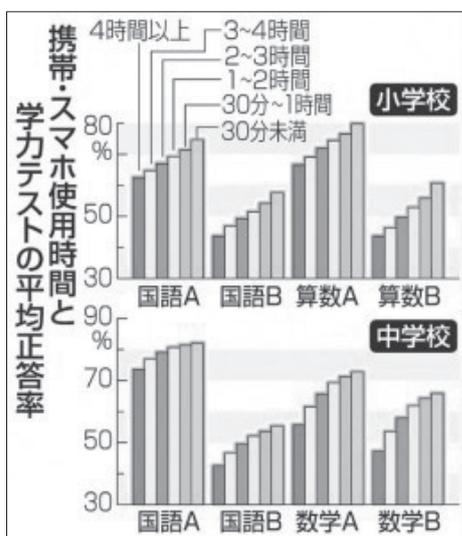


図2 小学生・中学生の1日当たりスマートフォン使用時間と学力テストの平均正答率<sup>11)</sup>

最近の内閣府調査報告書(2019年)<sup>12)</sup>で、スマートフォンやタブレットを使ったインターネット利用状況は、小学生で40%、中学生で82%、高校生で99%と報告されています。インターネットを利用すること自体には問題がある訳ではないのですが、

その利用内容が気になります。報告では、小学生ではゲーム(81.7%)、動画視聴(72.0%)が上位で、勉強・学習・知育アプリやサービスは31.4%。中学生では動画視聴(84.3%)、ゲーム(76.4%)、コミュニケーション(75.3%)が上位で、勉強・学習・知育アプリやサービスは40.9%。高校生ではコミュニケーション(90.1%)、動画視聴(87.8%)、音楽視聴(84.3%)が上位で、勉強・学習・知育アプリやサービスは53.6%となっていました。9歳以下の低年齢層の子供の57.2%がインターネットを利用しており、利用する機器は、スマートフォン(31.2%)、タブレット(27.4%)、携帯ゲーム機(15.1%)が上位を占めていました。

これらの数値からは、幼年期、少年期、青年期に共通しているのが、勉強・学習・知育アプリやサービス以外の利用が上位であり、スマートフォンなどの長時間使用者のインターネット利用内容も同じ傾向で、ゲームや動画視聴、SNSなどに依存形成に至ると推察されます。

2015年には、日本小児保健協会、日本小児科学会、日本小児科医会、日本小児期外科系関連学会協議会で構成される日本小児連絡協議会は、子どもとICTの問題についての提言<sup>13)</sup>を提出しています。提言では、子どもにおけるICTの弊害として、親子の絆から始まる人間と人間との絆の形成に影響を与え、実社会での体験の機会を奪って、健やかな成長発達や社会性の形成を妨げることは極めて大きな問題であり、子ども自身のネット依存も深刻化しており、ICTの適正利用は子どもの健やかな成長発達にとって、解決すべき重要課題と位置付けています。

スマートフォン・タブレット端末等を利用したオンラインゲームへの依存は、世界各国共通の事象と言えます。WHOは昨年、国際疾病分類(世界中の疾病、傷害および死因の統計分類、正式には「疾病及び関連保健問題の国際統計分類」で、ICD [International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems]と略称)を約30年振りにICD11として公表しました。その中で「精神及び行動の障害」へ、ゲーム障害(Gaming Disorder)を

新たにICD11コード：6C51として追加しています<sup>14)</sup> (図3)。ゲーム障害は、ゲーム時間をコントロール出来ない、ゲーム以外の出来事(学校・家族・社会)や関心事の優先度が低下する、日常生活に支障が生じてでもゲームを優先するといった症状が1年以上継続することを指します。症状が重い場合は1年以内でも該当すると警鐘を鳴らしています。



図3 WHOのICD11で、「精神及び行動の障害」へ、ゲーム障害(Gaming Disorder、ICD11コード：6C51)を新たに追加したことを告知する案内<sup>14)</sup>。

厚生労働省でも2020年2月にゲーム依存症対策関係者連絡会議を開催し、その対策を検討しています。その中でも国立病院機構久里浜医療センター樋口進院長は、臨床的にゲーム依存問題を詳しく解説しています<sup>15)</sup>。

青少年が、スマートフォン・タブレット端末などに過度に熱中し、場合によっては依存を形成することがひたひたと身近な問題となっています。この件に関しては、公衆衛生、84巻9号(2020年9月号)38「特集 スマホ・ネット・ゲーム依存対策 子ども・若者を守る！」(医学書院発行)で、詳しく解説していますので、ご関心のある子育て世代の読者にお勧めします。なお、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)流行への対応として、学校教育でもタブレット導入が加速しています。その目的は勉

強・学習なのでゲーム依存とは別問題と考えられます。

#### 参考資料

1. Munezawa T, et al. The association between use of mobile phones after lights out and sleep disturbances among Japanese adolescents: a nationwide cross-sectional survey. *Sleep*. 2011; 34:1013-20
2. Huber R, et al., Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *Neuroreport*. 2000; 11:3321-5
3. Loughran SP, et al. The effect of electromagnetic fields emitted by mobile phones on human sleep. *Neuroreport*. 2005; 16:1973-6
4. Loughran SP, et al. Individual differences in the effects of mobile phone exposure on human sleep: rethinking the problem. *Bioelectromagnetics*. 2012; 33:86-93
5. Mohler E, et al. Exposure to radiofrequency electromagnetic fields and sleep quality: a prospective cohort study. *PLoS One*. 2012; 7: e37455
6. Huss A. et al., Environmental Radiofrequency Electromagnetic Fields Exposure at Home, Mobile and Cordless Phone Use, and Sleep Problems in 7-Year-Old Children. *PLoS One*. 2015; 10: e0139869
7. Chiu CT. et al., Mobile phone use and health symptoms in children. *J Formos Med Assoc* 2015; 114: 598-604
8. Kim J. et al., Association between Exposure to Smartphones and Ocular Health in Adolescents. *Ophthalmic Epidemiology*. 2016; 23: 269-276
9. Tamura H. et al., Association between Excessive Use of Mobile Phone and Insomnia and Depression among Japanese Adolescents. *Int J Environ Res Public Health*. 2017; 14 : 701
10. 尾崎米厚, 他: 飲酒や喫煙等の実態調査と生活習慣病予防のための減酒の効果的な介入方法の開発に関する研究. 平成29年度報告書, 2018年5月 (<https://mhlw-grants.niph.go.jp/niph/search/NIDD00.do?resrchNum=201709021A>)
11. 一般社団法人全国教育問題協議会. 教育に関する資料・調査「スマホ依存で成績低下 全国学力テスト」2014年8月 (<https://www.zenkyokyo.net/survey/313>)
12. 内閣府 令和元年度青少年のインターネット利用環境実態調査 ([https://www8.cao.go.jp/youth/youth-harm/chousa/net-jittai\\_list.html](https://www8.cao.go.jp/youth/youth-harm/chousa/net-jittai_list.html))
13. 日本小児連絡協議会. 子どもとICT(スマートフォン・タブレット端末など)の問題についての提言. *小児保健研究*. 2015; 74:1-4
14. WHO <https://www.who.int/news/item/14-09-2018-inclusion-of-gaming-disorder-in-icd-11>
15. 厚生労働省ゲーム依存症対策関係者会議、資料2「ゲーム障害について」<https://www.mhlw.go.jp/content/12205250/000616333.pdf>

## コラム

# 博多駅近くの石碑

今では、電磁波によって情報通信がなされ、スマートフォンやタブレット端末などが世に溢れ、情報の通信は光の速度で行われている。

JR九州の博多駅の新幹線筑紫口から10分ほど歩くと写真の石碑があり、「無装荷搬送式多重通信方式発祥之地」と刻まれている。この石碑は海底ケーブルの日本側中継地の跡地に建てられたものである。無装荷ケーブルによる長距離の通信方式の研究が昭和9年に開始され、我が国が独自に開発した多重通信方式が50年経過したことを記念し、次のように刻まれている。

### 無装荷 搬送式多重通信方式 発祥之地

#### 松前重義書

この地は、松前重義・篠原登両博士発明の無装荷搬送式多重通信方式が、昭和13年2月、海底部分を含む長距離国際回線として、世界で初めて実用化され、九州での起点となった元福岡中継所の跡である。

昭和59年1月 九州搬送会

松前重義(1901-1991)は、通信省当時、長距離の電話通信を無装荷搬送(ケーブル)方式の採用で、世界で初めて長距離通信の実用化に成功した。この実用化に至るまでの道程

は自著『発明記』に記されている。さて、モールスによる信号による電信の実用の後、電信線で音声を電氣的に送ることが考えられ始め、ベルにより電話機が発明された。この電話機による通話のために使われる電信線が長くなると、送られる音声の波形がひずみ、また減衰して行き通話が不可能になる欠点があった。

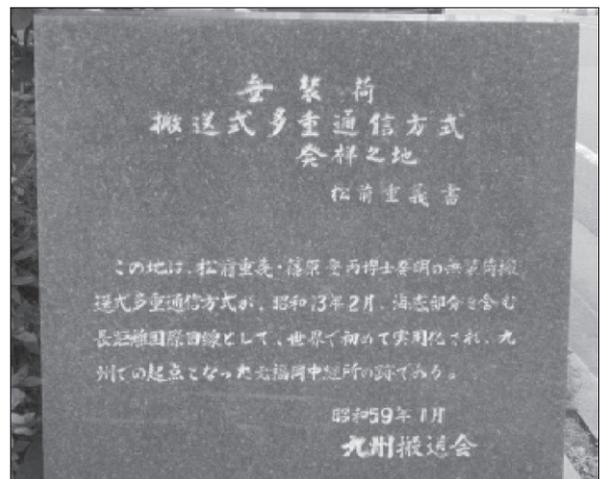
このような通話が不可能になるのを防ぐ方式として1899年にアメリカ・コロンビア大学のピューピン教授が、電信線に等間隔にコイルを装荷する方式の特許を取得した。これにより電話機を用いた有線方式による音声通信が可能になった。当時はピューピンの発明による装荷搬送方式が隆盛を極めていた。しかし、伝送帯域が狭い、遅延時間が大きく信号の反射が大きいなどの欠点があり、長距離で信号の歪みが生じることがあった。これを防ぐために発明されたのが松前らによる無装荷ケーブル方式による通信である。

ピューピン(Michael Pupin: 1858-1935)は、セルビアから16歳で単身アメリカに移り、コロンビア・カレッジ(現コロンビア大学)で電気工学を学び、1883年にはケンブリッジ大学で物理学と数学を学んだ。若い時にドイツで学んだティンダル(John Tyndall: 1820-1893)が設けたアメリカの学生がドイツで学ぶ機会を与えるためのジョ

ン・ティンダル奨学金が得られたことから、ピューピンはベルリン大学のヘルムホルツのもとで学び、博士号を取得した。その後アメリカに帰国し、コロンビア大学の教授となった。ピューピンはレントゲンがX線を発見した直後に、レントゲンの実験の追試に成功し、エジソンと共同でアメリカで初めてのX線を用いた医療応用の研究を行った。

1939年2月20日、東京と満州の奉天(現在の瀋陽市)間の約3000キロメートルが直通電話で開通した。無装荷ケーブルによって東京から満州間の通信が容易になり、福岡から釜山の間に対馬海峡230キロの無装荷の海底ケーブルが敷設された。装荷ケーブル方式による欠点をなくすために無装荷ケーブル方式で長距離の通信を可能にした。無装荷ケーブルによる通信は同軸ケーブル、光ケーブルによる通信に発展し、その後、衛星を用いた画像伝送へ進展していった。

リンカーンの暗殺から100年、タイタニック号の沈没事故からほぼ50年を経過し、東京オリンピックの前年の1963年11月、太平洋上の衛星を用いた日本とアメリカとの間で始めてテレビ中継がなされた。しかし、この記念すべきテレビ中継で最初に飛び込んできたのが、第35代大統領ケネディがテキサス州、ダラスで銃撃により暗殺されたという衝撃的なニュースであった。翌年の1964年には、インテルサット(国際電気通信衛星機構)が発足し、世界中にテレビ放映がされるようになり1972年の札幌オリンピックもインテルサットによる生中継がなされた。1979年には、インマルセット(国際移動通信衛星機構)が設立され、静止通信衛星による国際通信が広がっていった。



無装荷搬送式多重通信方式発祥之地碑  
(2016年6月8日撮影)

松前重義は、無教会主義のキリスト教に共感し内村鑑三に師事したクリスチャンである。1936年、若者の教育の場として武蔵野に「望星学塾」を開設した。同塾は戦争により活動を停止したが、松前は、太平洋戦争中の1944年には電波科学専門学校を創設した。同学校は戦後、東海大学へと大きく発展していった。(TS)

#### 参考

松前重義：『發明記』(東海書房刊、昭和28年)  
Pupin.M: 『From immigrant to inventor』  
(Charles Scribner' S Sons, 1926)

## 電磁界情報センター賛助会入会のご案内

当センターは、センターの活動にご理解を頂ける皆さまの賛助会費によって支えられています。  
賛助会員には3つの種別があります。

- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| ● 法人特別賛助会員 (1号会員) | 年会費 100万円 / 口 |
| ● 法人賛助会員 (2号会員)   | 年会費 1万円 / 口   |
| ● 個人賛助会員 (3号会員)   | 年会費 3千円 / 口   |

入会をご希望される方は、センターホームページへアクセス、又は電話 / FAXにてお問い合わせ下さい。

電磁界情報センターホームページURL <https://www.jeic-emf.jp/>

TEL : 03-5444-2631 / FAX : 03-5444-2632

### （ 「JEIC NEWS」 に対してご意見・感想をお寄せ下さい ）

「JEIC NEWS」は、センターの活動報告、国内外の最新情報、電磁界（電磁波）に関する豆知識などの記事を4カ月に1回程度で発行しています。読者の皆さまからの本誌に対するご意見・感想をお寄せ下さい。記事としての掲載など誌面づくりに活用させていただきます。

#### 例

- 海外の専門家の記事を紹介してほしい。
- 電磁界（電磁波）に関する技術解説記事が読みたい。
- 電磁界情報センターのセミナーに参加して良かった。（もっと改善してほしい）
- 電磁界（電磁波）の説明や表現をもう少し分かりやすくしてほしい etc.

※掲載にあたり、読みやすさの観点から表現を変更・修正させて頂くことがあります。  
※個人への誹謗・中傷に当たる表現は削除させていただきます。

ご投稿は、下記に掲載の連絡先（電話、FAX、E-mailのいずれか）までお願いします。  
皆さまの声をお待ちしています。

### 編集後記

早いもので、2020年も残りわずかとなりました。本来であれば、2020年に東京オリンピックが開催される予定でしたが、新型コロナウイルス感染症の拡大により、来年に延期となり、またテレワークや時差出勤などの「働き方の新しいスタイル」が浸透した年だったと感じています。

さて今号では、2020年4月にICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）から発表された「低周波ガイドラインに関連する知識のギャップ」について情報提供するとともに、近年問題視されている「ICT利用に潜む問題（青少年のネット・ゲーム依存）について」情報提供します。

今後も、電磁界に関する最新情報や科学的な情報を分かりやすく提供できるよう努めて参りますので、どうぞよろしくお願いいたします。

情報調査グループ 堤 哲也

JEIC NEWS No.59 2020 (令和2)年12月16日発行

編集 電磁界情報センター 情報調査グループ

発行人 電磁界情報センター所長 大久保千代次

住所 〒105-0014 東京都港区芝2-9-11 3F

連絡先 TEL : 03-5444-2631 FAX : 03-5444-2632 E-mail : jeic@jeic-emf.jp

URL <https://www.jeic-emf.jp/>