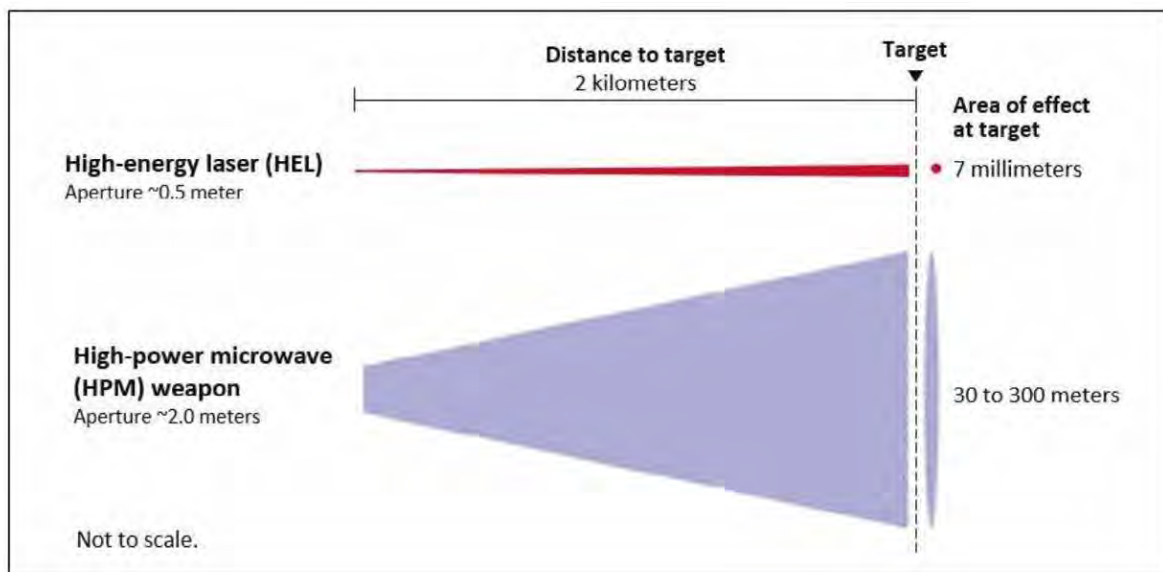


よると HPM の方がより広範囲の領域を攻撃の対象にできるため、ドローンのような無人飛行システム (UAS) への対処兵器としてより有用となるという見解を示している³⁶⁶。

	HEL	HMP
範囲	狭い	広い
用途	ミサイルの迎撃・無力化	複数の UAS の迎撃
強み	ターゲットを確実に照射	<ul style="list-style-type: none"> ・ 広範囲のターゲットに照射可能 ・ 致死に至らせない程度の反撃が可能
弱み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天候や大気の状態によっては効果が弱まる。 ・ 集中砲火には対応できない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ シールドを張った敵には無効 ・ シールドを張っていない味方も巻き添えになる可能性有。

(図 11-1 HEL と HPM の比較)



(図 11-2 HEL と HPM の性能比較)

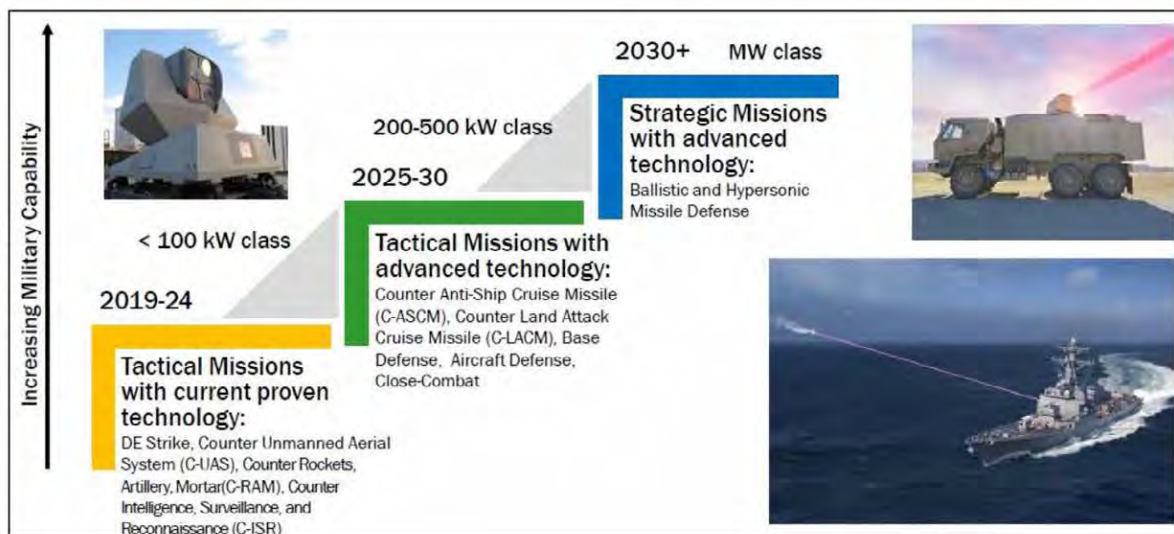
(1) 高出力エネルギーレーザー (high-energy Laser: HEL)

高出力エネルギーレーザー (HEL) は主にミサイル等の迎撃の他に、ドローンのような無人飛行システム (UAS) を撃墜したり、また衛星やレーザーを無力化ないし破壊する目的で使用されることが想定され

³⁶⁶ Kelley M. Saylor, *Department of Defense Directed Energy Weapons: Background and Issues for Congress*.

(Congressional Research Service, 28th September 2021).

ている³⁶⁷。米国国防省は HEL の出力向上に関する明確なロードマップを策定しており、2030 年までの出力 200-500kW 級の、2030 年以降には出力 MW クラスの強力なエネルギーレーザーが登場することが期待されている(図 3)。



(図 11-3 米国国防省の HEL 開発ロードマップ)

HEL の代表的な用途として開発が進んでいるのは、海軍が保有する戦艦に搭載し、弾道ミサイルを迎撃するというものである。米国海軍は戦艦等を攻撃対象にする巡航ミサイルの迎撃を目的に「ソリッドステートレーザー技術成熟」(Solid State Laser Technology Maturation: 通称 SSL-TM) 計画を現在進めている。2020 年にはノースロップ・グラマン社が開発した 150kW の半導体レーザー砲 LWSD(Laser Weapons System Demonstrator)をドック揚陸艦「ポートランド」(USS Portland: LPD-27)に搭載し、ターゲットを破壊する実証実験を実施し、成功している³⁶⁸。

³⁶⁷ i b i d.

³⁶⁸ DoD Joint Intermediate Force Capabilities Office, USS Portland conducts Laser Weapon System Demonstrator Test. (22nd May 2020). Retrieved from <https://jnlwp.defense.gov/Press-Room/In-The-News/Article/2213219/uss-portland-conducts-laser-weapon-system-demonstrator-test/>



(図 11-4 USS Portland から照射される LWSD³⁶⁹)

同様の試みは空軍でも見られる。米国空軍は Self-Protect High-Energy Laser Demonstrator (SHiELD)をというプロトタイプシステムを空軍研究所(AFRL), ボーイング社(Boeing), ロッキード・マーチン社(Lockheed Martin)、そしてノースロップ・グラマン社(Northrop Grumman)で共同開発しており、第4世代の F-15 戦闘機から現在開発中の第5世代の戦闘機にレーザー兵器を搭載して、対空または対地ミサイルの迎撃を試みている³⁷⁰。またボーイング社もボーイング 747-400F の機体を改良しレーザー砲-ABL を搭載した YAL 1A を開発している。2010 年 2 月には地上発射型ミサイル MARTI の迎撃に成功しており、その後も実装に向けた研究開発が進められてきた³⁷¹。

³⁶⁹ <https://www.pacom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/2197905/uss-portland-conducts-laser-weapon-system-demonstrator-test/>

³⁷⁰ Joanne Perkins, AFRL's SHiELD Set to Receive Critical Assembly. (Air Force Research Laboratory Public Affairs, 23rd February 2021). Retrieved from <https://www.afrl.af.mil/News/Article-Display/Article/2511692/afrl-s-shield-set-to-receive-critical-assembly/>

³⁷¹ Aircraft Technology, Airborne Laser System (ABL) YAL 1A. Retrieved from <https://www.airforce-technology.com/projects/abl/>



(図 11-5 F-16 戦闘機に搭載されたレーザー兵器(ロッキード・マーチン社))



(図 11-6 レーザー砲-ABL を搭載した YAL 1A(ボーイング社)³⁷²⁾

(2) 高出力マイクロ波(High-power Microwave: HPM)兵器

HPM はドローンのような無人飛行システム(UAS)の撃墜や無力化に効果を発揮する。米国のレイセオン・テクノロジーズ(Raytheon Technologies)社が開発している Phaser™ high-power microwave system は比較的近距离を飛行する UAS の撃墜を目的とした高出力マイクロ波兵器であり、光速でドローン等の飛行物体を打ち落とすことができる。レイセオン社は、Phaser に続き、長距離の UAS の撃墜を目的とした HPM である Counter-Electronic High Power Microwave Extended Range Air Base Defense (通称 CHIMERA)の実証を 2020 年 10 月に空軍研究所から受注しており、これにより長距離の UAS の撃墜と無力化が可能となる³⁷³⁾。

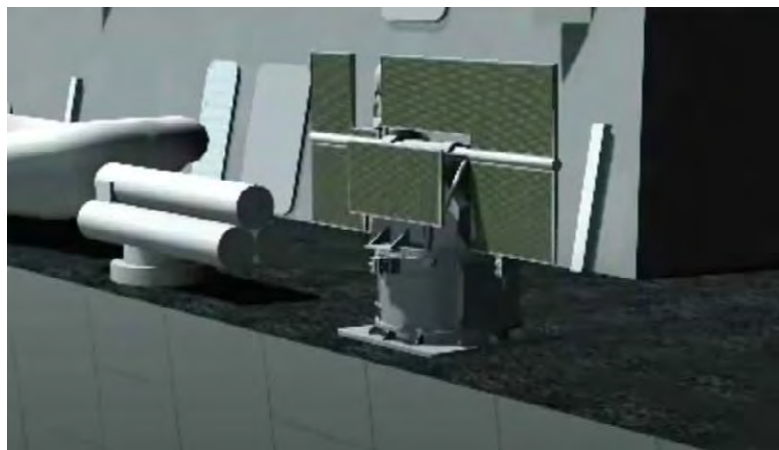
³⁷²⁾ <https://www.airforce-technology.com/projects/abl/>

³⁷³⁾ Sara Sirota, AFRL to award Raytheon sole-sourced contract for directed-energy weapon. *Inside Defence* (29th October 2020). Retrieved from <https://insidedefense.com/insider/afri-award-raytheon-sole-sourced-contract-directed-energy-weapon>



図 11-7 Phaser™ high-power microwave system (レイセオン・テクノロジーズ社)³⁷⁴

HMP はまた海軍でも積極的に研究開発が進められている。米海軍海上戦闘センター (Naval Surface Warfare Center Dahlgren Division: NSWCDD) は HEL と組み合わせて使用する HMP の開発を進めている。この HMP は敵の船舶の集団に向けて照射することで電子障害を引き起こし、無力化させることができる。LEL や HMP は物理的なミサイルや銃弾よりも 1 照射あたりのコストが低いことから海軍のあらゆるオペレーションでの活躍が期待されている³⁷⁵。



(図 11-8 戦艦に搭載された HMP のイメージ (NSWCDD)³⁷⁶)

また、マイクロ波を用いた兵器は空軍研究所とカートランド空軍基地の指向性エネルギー局及び米国ボーイング社は、Counter-electronics High Power Microwave Advanced Missile Project (通称 :

³⁷⁴ <https://www.raytheonmissilesanddefense.com/what-we-do/counter-uas/effectors/phaser-high-power-microwave>

³⁷⁵ Brett Tingley, The Navy Is Betting Big on High-Power Microwave Weapons. *The Warzone* (7th January 2022). Retrieved from <https://www.thedrive.com/the-war-zone/43795/navy-is-betting-big-on-high-power-microwave-weapons>

³⁷⁶ <https://www.thedrive.com/the-war-zone/43795/navy-is-betting-big-on-high-power-microwave-weapons>; 実際のオペレーションの様子は以下の動画が詳しい。 <https://www.youtube.com/watch?v=TzBWAXARE-Q&t=38s>

CHAMP) のミサイル技術デモンストレーションを 2012 年に実施した。CHAMP はミサイルの形状をした高出力マイクロ波兵器であり、敵地を通過することでその電子システムを人体に物理的な影響を与えることなく無力化させることができる。このデモプロジェクトは米国の HPM の中でも最も成功したデモの一つとされている³⁷⁷。



(図 11-9 CHAMP のイメージ(ボーイング社))

2. 粒子線エネルギー兵器 (Particle Beam Weapon: PBW)

粒子線エネルギー兵器(PBW)は、大量の亜原子粒子(subatomic particles)あるいは原子を光速にまで加速させることでレーザービームを作り出し対象物を破壊する兵器である。PBW は、そのエネルギーの形状において他の指向性エネルギー兵器とは異なる性質を持つ。PBW には電子、プロトンあるいは水素原子といった粒子が図 4 のような陽極と陰極の関係からエネルギーを生み出す仕組みとなっている。これら 3 つの粒子が電荷を帯びることで、光線を作り出すわけである。米国は、HEL のような他の指向性エネルギー兵器と同様に PBW に関心を持つようになったのは、1958 年と比較的に早い。DARPA の前身である Advanced Research Projects Agency (ARPA)が発足し、PBW の研究開発に関心を寄せ始めた³⁷⁸。さらに、冷戦期の 1980 年にもロシアの大陸間弾道ミサイルの防衛技術として PBW の研究開発が進められた。DARPA でも PBW の研究開発プロジェクトが立ち上がる等、冷戦時のミサイルの脅威に対抗するための新興科学技術として検討が進められた³⁷⁹。1989 年には米国エネルギー省傘下の研究所であるロスアラモス国立研究所(Los Alamos National Laboratory: LANL)が、宇宙空間から照射する中性子

³⁷⁷ James Benford, John A. Swegle, and Edl Schamiloglu, *High Power Microwaves, third edition*. (CRC Press, 2007).

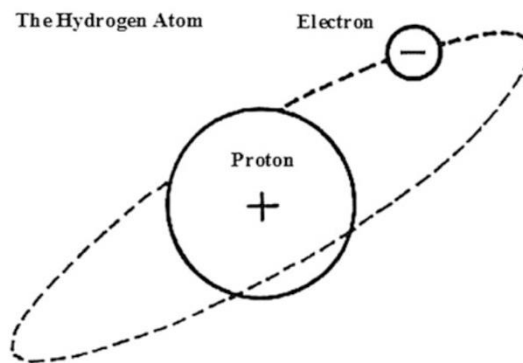
³⁷⁸ Lee Grodzins Footnotes on, Particle-beam Weapon History

³⁷⁹ The US Army Centre of Military History, *Department of the Army Historical Summary, FY 1981*. (Washington D.C.: U.S. Army Center of Military History, 1983).

ビーム(Neutral particle beam: NPB)の実証実験を実施し、大気圏外からミサイルの撃墜が可能であることを示した。この実験は、今日でも「最も成功した実験」として認識されている³⁸⁰。



(図 11-10 PBW イメージ³⁸¹)



(図 11-11 PBW の粒子の関係性³⁸²)

こうした PBW は 2000 年代に一度下火なるもののここ数年でさらに注目を浴びるようになった³⁸³。2019 年頃から米国のミサイル防衛局(Missile Defense Agency: MDA)が宇宙空間で使用する PBW の研究開発を進めるために中性子ビーム(NPB)の詳細な計画を提示し、米国陸軍が推進する Technology

³⁸⁰ Morris B. Pongratz, Los Alamos Participation in Active Experiments in Space. (New Mexico: Los Alamos National Laboratory, 11st September 2017). Retrieved from

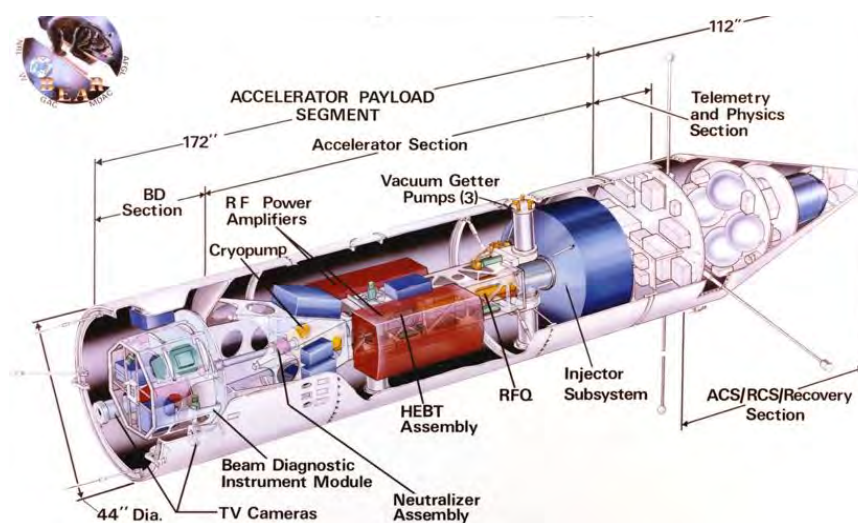
<https://permalink.lanl.gov/object/tr?what=info:lanl-repo/lareport/LA-UR-18-20883>

³⁸¹ <https://www.extremetech.com/extreme/153585-a-deeper-look-into-lasers-particle-beams-and-the-future-of-war>

³⁸² Zohuri, *Directed-Energy Beam Weapons*. p. 311.

³⁸³ Bahman, Zohuri, *Directed-Energy Beam Weapons*. (Berlin: Springer, 2019); John Parmentola and Kosta Tsipis, Particle-Beam Weapons. *Scientific America*, 240 (April 1979).

Maturation Initiatives (TMI)の対象技術に含めた。ミサイル防衛局は、宇宙空間からミサイルを迎撃する NPB が戦略的ミサイル防衛のためのゲームチェンジャーとなることを宣言し、2023 年に軌道上での実験を行うという野心的なターゲットを掲げている³⁸⁴。



(図 11-12 PBW の構造)

3. 公的利用・安全保障における利用

ここまで、ミサイル防衛や無人飛行システム(UAS)への対抗兵器技術として開発が進められてきた「指向性エネルギー兵器」について、高出力エネルギーレーザー(high-energy Laser: HEL)と高出力マイクロ波(High-power Microwave: HPM)兵器そして粒子線エネルギー兵器 (Particle Beam Weapon: PBW)の3つの技術分野に焦点を当ててその開発の経緯や近年の開発動向について解説をしてきた。指向性エネルギーの開発構想自体は、1950年代に遡り、半世紀以上の時間をかけながらようやく実証実験に成功する段階に入ったというところである。しかし、その開発も一筋縄にはいかず、技術開発が下火になることもあった。例えば、HELの技術開発は1990年代に停滞期を経験し、2000年以降に劇的に技術開発が進んだ一方で、PBWは2000年代には下火となり、2010年以降により注目を浴びるようになった。元々は冷戦期のソ連の弾道ミサイル防衛を目的に期待が高まった指向性エネルギー兵器であるが、近年ではドローンのようなUASへの対応措置として、またさらにはPBWのように大気圏外からミサイルを迎撃する技術が開発されようとしている。このように、新たに出現する安全保障上の脅威に対抗すべく指向性エネルギー兵器はその核心的な設計思想を維持しながらも、この半世紀を通じて野心的に発展を続けてきた技術開発分野だと言えよう。映画「スターウォーズ」のようなレーザー兵器が現実に姿を現す日はそう遠くないのかもしれない。

³⁸⁴ Joseph Trevithick, Pentagon Aims to Loft Particle Beam Anti-Missile Weapon into Space in Four Years. The Warzone, 19th March 2019. Retrieved from <https://www.thedrive.com/the-war-zone/27039/budget-docs-show-pentagon-aims-to-loft-particle-beam-anti-missile-weapon-into-space-in-four-years>

4. 民生利用

指向性エネルギーの中でも特に粒子線を用いた技術が民生技術分野でも活用が期待されている。粒子線技術は、原子力技術の研究にこれまで大きく貢献してきたプラズマ物理学や核融合技術と極めて近い関係にあることから、関連する先端科学技術の発展とともに、技術革新が進められてきた³⁸⁵。主な応用領域としてはがん治療等に関連した医療技術や製造業が挙げられる。ここでは、この2つの領域に焦点を当てて、粒子線技術の開発動向とその応用について概観したい。

(1) 医療分野における粒子線技術—癌治療を事例に

医療分野では、特にがん治療の用途として粒子線治療の研究が進められてきた。癌の治療ではX線による放射線治療が有力な治療法として採用されてきたが、最近では重荷電粒子を用いた治療法がより効果的な治療法として有力視されている。2000年以降、プロトン(陽子)や炭素イオンを用いた放射線治療の研究が飛躍的に進み、癌治療に大きく貢献してきた³⁸⁶。昨年2022年には、インペリアル・カレッジ・ロンドンの研究者らが、英国研究技術革新機構(UK Research and Innovation: UKRI)から新たな研究資金を獲得し、イオン治療のための研究施設(Ion Therapy Research Facility)の設立を進めていることが報告されている³⁸⁷(図11-13)。従来のX線の代わりにプロトンや炭素の粒子線を用いて、腫瘍を摘出するものであり、よりの確かつ効果的に腫瘍の摘出が可能となると期待されている。プロトンの粒子線は現状あまり普及しておらず、今回新たに研究施設ができることで、癌治療におけるイオン粒子線の利用が益々加速することとなる。また、2019年には、英国の研究チームが、ヘリウムや炭素といった重荷電粒子を用いた治療技術の検討を開始し、英国政府もこうした新たな粒子線治療をサポートする体制を構築してきた³⁸⁸。

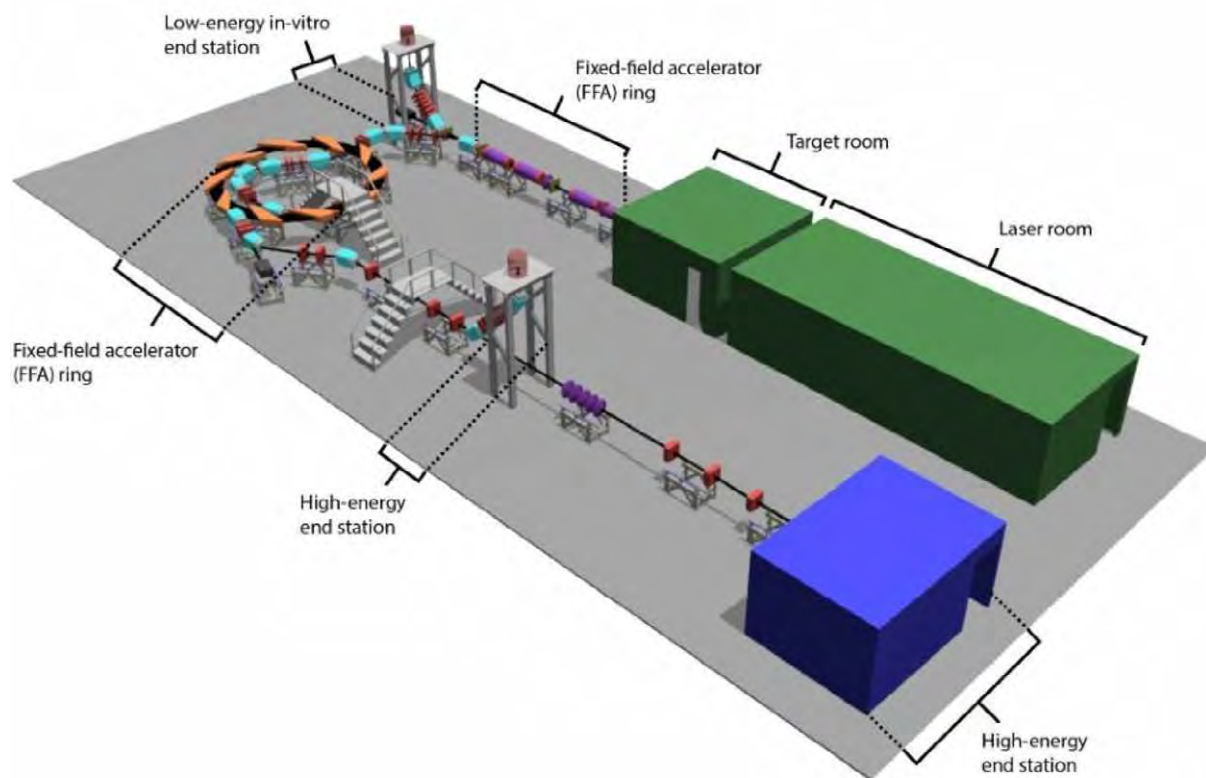
³⁸⁵ MIT PSFC, “Waves & beams”. Plasma Science and Fusion Center, MIT.

<https://www.psfc.mit.edu/research/topics/waves-beams>

³⁸⁶ Polf, Jeremy and Parodi, Katia. “Imaging particle beams for cancer treatment.” *Physics Today* 68 (2015). <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.2945>

³⁸⁷ Dunning, Hayley, “Ion beam cancer therapy facility gets a £2m development boost.” Imperial College London (October 19, 2022). <https://www.imperial.ac.uk/news/240731/ion-beam-cancer-therapy-facility-gets/>

³⁸⁸ Kirkby, Karen Joy, et al. “Heavy charged particle beam therapy and related new radiotherapy technologies: The clinical potential, physics and technical developments required to deliver benefit for patients with cancer.” *The British journal of radiology* 93(1116) (2020).



(図 11-13 Ion Therapy Research Facility の概念図³⁸⁹⁾)

(2) 製造業における指向性エネルギー技術の応用—3D プリンティング技術を事例に

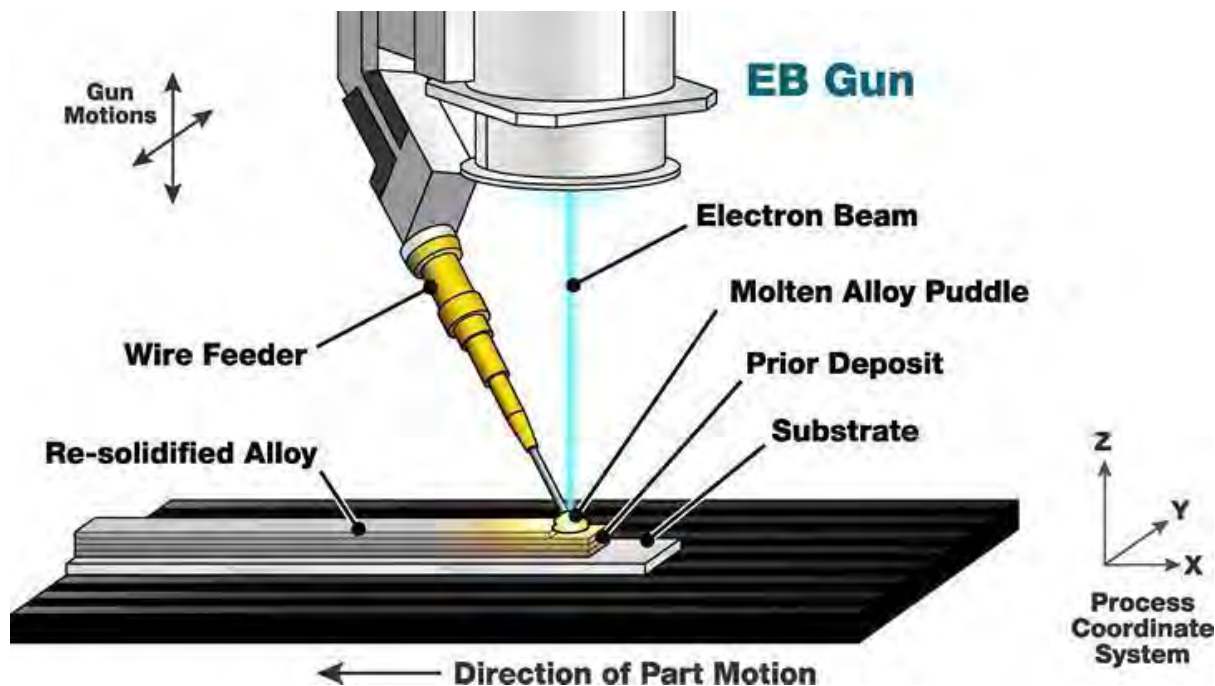
指向性エネルギー技術はまた製造業においても活躍の場を広げている。特に3D プリンターに代表されるアディティブ・マニュファクチャリング技術の開発と実装が進む中で、粒子線や電子線 (Electron Beam) への関心と期待が高まってきた。当該領域では、Electron Beam Additive Manufacturing (EBAM) という電子線を用いたアディティブ・マニュファクチャリングの研究が進められており、電子線の技術革新が3D プリンターの性能の向上とコスト削減に大きく付与すると考えられている(図 11-14)³⁹⁰。米国で3D プリンターの開発と製造を手掛ける Sciaky 社 (Sciaky, Inc.) はこうした EBAM 技術分野で有望な企業の一つである。Sciaky 社は、レーザー技術を用いて自由自在に鉄素材を切断する技術も用いて、鉄鋼業・製造業向けに3D プリンターを提供している(図8)。特に大きな鉄鋼部品をプリント製造できることから航空宇宙産業に多くのクライアントを有する。近年では、米国ロッキード・マーチン

³⁸⁹ Ibid.

³⁹⁰ Sciaky Inc., “Electron Beam Additive Manufacturing (EBAM) - Advantages of Wire AM vs. Powder AM.” *AM*.
<https://additivemanufacturing.com/2015/10/14/electron-beam-additive-manufacturing-ebam-advantages-of-wire-am-vs-powder-am/>

社に宇宙システム向けのターンキーEBAM を納入しており、航空宇宙メーカーの製造効率性とコスト削減に貢献してきた³⁹¹。

また、英国では、ハダースフィールド大学は Innovate UK より 2.25 百万ポンドもの研究資金を得て、D プリンティングにおける粒子線の研究に着手している³⁹²。この研究プロジェクトは次世代型 EBAM machines プログラムの一環で進められているものであり、粒子線技術が 3D プリンターのさらなる用途拡大につながることを期待されている。



(図 11-14 Electron Beam Additive Manufacturing (EBAM) イメージ³⁹³)

³⁹¹ Sciaky, “Sciaky, Inc. to provide turnkey electron beam additive manufacturing system to Lockheed Martin space systems.” (September 24, 2014) <https://www.sciaky.com/news/press-releases/sciaky-to-provide-turnkey-electron-beam-additive-manufacturing-system-to-lockheed-martin-space-systems>

³⁹² Thomas, “Innovate UK £2.25m funds particle beams in 3D printing innovation.” www.3ders.org. (March 18, 2019). <https://www.3ders.org/articles/20190318-innovate-uk-225m-funds-particle-beams-in-3d-printing-innovation.html>

³⁹³ Sciaky Inc., “Electron Beam Additive Manufacturing (EBAM) - Advantages of Wire AM vs. Powder AM.”



(図 11-15 Sciaky 社の EBAM 作業工程の様子³⁹⁴)

5. まとめ

指向性エネルギー技術は、ミサイル防衛等の軍事用途として研究開発が進められてきた先端科学技術である。その歴史は古く、実に半世紀以上前から米国を中心に研究開発が進められてきた。1990 年以降実証実験等が重ねられる中で徐々に実用化へと進みつつある。また指向性エネルギーは民生用途でもその活躍の場を広げてきた。医療分野では、癌治療のための粒子線技術の開発が進められてきた一方で、より近年では、3D プリンティング技術の発展に伴い、電子線や粒子線を用いたより効率的かつ低コストなプリンティング技術の研究開発と実装が進められてきた。こうした技術は製造業中でも航空宇宙分野で極めて重要な技術の一つとして利用されてきた。

最後に、海外では、中国やロシアの研究機関で当該分野の研究者が多く在籍しており、また国籍別に見ると米国、中国について英国が多いことがアスタミューゼ社の調査で明らかにされた。特に医療分野への応用では英国の研究機関での研究が盛んなことを考慮すれば今後英国との共同研究の機会を設けていく等、より一層英国とのパートナーシップを強化すること重要となるだろう。

第 12 節 フィンテック (Financial Technology)

1. 分散型台帳技術 (Distributed Ledger Technologies)

(1) 分散型台帳技術の基本概念

³⁹⁴ Sciaky Inc., “Make Metal Parts Faster & Cheaper with EBAM® Metal 3D Printing Technology.”

<https://www.sciaky.com/additive-manufacturing/electron-beam-additive-manufacturing-technology>

Bitcoin や Ethereum 等で知られる仮想通貨に用いられている技術は、Ledger Technologies (DLT、分散型台帳技術) というブロックチェーン技術である。ブロックチェーン技術とは、取引ひとつひとつをハッシュ関数を介在させた数値 (=ハッシュ値) とともに記録し (=ブロック化)、これがひとつ直前に実施された取引のハッシュ値をも含めて保存される (=情報のチェーン化) という仕組みである。

分散型台帳技術は、ハッシュ値とともに保護された取引記録を分散して保存することで各々のこれらの仕様は取引記録の改竄を防ぐ効果が高いとされている³⁹⁵ ³⁹⁶。金融取引や重要データの授受などは、このような技術的信頼性を特に必要とすることから、仮想通貨にとどまらず、金融資産や不動産、絵画、宝石など資産性を帯びる取引やその記録への応用が期待されている。

(2) 分散型台帳技術の課題 (安全性・プライバシー確保³⁹⁷)

通常の金融取引は、第三者にその情報を開示しないというプライバシーや機密性が確保されている。このため、現存の銀行間金融取引は、各国の中央銀行等信頼できる中立的第三者が運用するシステムを使って決済するのが一般的である。他方で分散型台帳はその性質から、取引内容をどこまで、どの参加者に対して開示するかという機密性の保持の観点と対立する。また、取引情報が一元管理されず複数に存在することになるため、同じくプライバシーの保護と加えて効率性の観点からも改善の余地がある³⁹⁸。各取引の識別子を公開した上で、参加者間を順に周回して処理する等の対応が求められるなど、既存の中央銀行が有する信頼性と取引の介在という意味での独立性を分散型台帳でも担保するための提案が待たれるところである。

(3) 国際決済銀行 (BIS) による規制

分散型台帳技術はデータの中央集約を止めて分散することによってデータの改竄防止や追跡を可能にするものであるが、分散先のセキュリティが脆弱であったことによってサイバー攻撃を受けて資産を失うといったケースも存在した³⁹⁹。国際的には、決済・市場インフラ委員会 (CPMI) と証券監督者

³⁹⁵ Chiu, Iris H-Y. (2017). A new era in fintech payment innovations? *Law, Innovation & Technology*. Dec2017, Vol. 9 Issue 2, p190-234. 45p.

³⁹⁶ DARPA. (2022). *DARPA-Funded Study Provides Insights into Blockchain Vulnerabilities*. Retrieved from: <https://www.darpa.mil/news-events/2022-06-21>

³⁹⁷ Mills, David et al. (2018). Distributed Ledger Technology in Payments, Clearing and Settlement. *Journal of Financial Market Infrastructures*, Special Issue 2018, v. 6, iss. 2-3, pp. 207-49.

³⁹⁸ MOONEY JR., CHARLES W. (2017). *Law & Contemporary Problems*. 2018, Vol. 81 Issue 1, p1-20. 20p.

³⁹⁹ Filip Caron. (2017). *Blockchain: Identifying Risk on the Road to Distributed Ledgers*.

<http://www.isaca.org/en/resources/isaca-journal/issues/2017/volume-5/blockchain-identifying-risk-on-the-road-to-distributed-ledgers>

国際機構（IOSCO）によって「金融市場インフラのためのサイバー攻撃耐性に係るガイダンス⁴⁰⁰」が公表されている。このガイダンスは例えばサイバー攻撃の検知に用いるツールの活用、②サイバー攻撃によるインシデント発生後、2時間以内に業務を再開し、当該インシデント発生日の終了までに決済が完了できるようシステムとプロセスを設計することの必要性（2HRT0⁴⁰¹）等について提唱しており、サイバー攻撃を未然に防ぎ、サイバー攻撃を受けた際に迅速かつ効果的に対処し復旧するよう、金融界における取り組みを促している。こうした国際的に合意された目線は、分散型台帳技術を応用した金融インフラの堅牢性を高める上でも基礎的な考え方として捉えられる。

米国「ブロックチェーン・イノベーション法」⁴⁰²と「デジタル・タクソミー法」⁴⁰³

米国では、2021年にブロックチェーン・イノベーション法とデジタル・タクソミー法が成立した。この法律は、連邦取引委員会にブロックチェーン技術とその消費者保護への利用について研究・報告させるためのもので、米国主導の規制を確立させることを想定したものとされている。

米国国防省では、分散型記帳技術を、空域管理や戦闘機パイロットの安全性と戦闘能力を確保するために役立てる研究もされている。これによって指令・制御システムを集中管理するのではなく、分散化する狙いがあるとされている。また、航空機部品やミサイル等機密性の高いもののサプライチェーン管理⁴⁰⁴におけるブロックチェーンの研究⁴⁰⁵も進められている。輸送中のリアルタイム監視が可能になるなど安全保障に関わる場面での運用も十分に担保できるとの背景である。

⁴⁰⁰ BIS *CPMI and IOSCO publish final guidance on stablecoin arrangements confirming application of Principles for Financial Market Infrastructures.*

<https://www.bis.org/press/p220713.htm>

⁴⁰¹ BIS *Guidance on cyber resilience for financial market infrastructures* : <https://www.bis.org/cpmi/publ/d146.pdf>.

⁴⁰² Heather Morton. (2022). *Blockchain Legislation 2022*. <https://www.ncsl.org/research/financial-services-and-commerce/blockchain-2022-legislation.aspx>

⁴⁰³ U. S. Congress (2021). H.R. 3638: Digital Taxonomy Act. Retrieved from:

<https://www.govtrack.us/congress/bills/117/hr3638/text>

⁴⁰⁴ Central Data and Digital Office. (2022). <https://www.gov.uk/government/publications/roadmap-for-digital-and-data-2022-to-2025/transforming-for-a-digital-future-2022-to-2025-roadmap-for-digital-and-data>

⁴⁰⁵ James Gatto and Townsend Bourne. (2019). *Blockchain Tech Has Numerous Applications for Defense.*

Retrieved from: <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2019/12/11/blockchain-tech-has-numerous-applications-for-defense>

欧州連合「EU デジタル金融パッケージ」⁴⁰⁶

2020年に公表されたEU デジタル金融パッケージは、EUにおける金融セクターのデジタルトランスフォーメーション（DX）と新しい金融商品の開発・利用を支援し、同時に消費者保護と金融の安定を守ることを目的に、今後5年間のEU デジタル金融戦略について定めている。この中で、分散型台帳技術の全面的な運用を前に、係る技術にまつわる障害を洗い出すことを目的に実証試験を行うことが決められている。分散型台帳技術は大量のエネルギーを消費すること、また、既存の高速決済システム（TIPS）が24時間365日稼働して十分対応できていること等この技術の導入の要否については今後の検証を待つこととなる⁴⁰⁷。

2. デジタル資産 (Digital Assets)

(1) 中央銀行デジタル通貨 (Central Bank Digital Currency : CBDC) ⁴⁰⁸

中央銀行デジタル通貨は、既存の中央銀行券と異なる、新たな形態の電子的な中央銀行マネーである。CBDCは、金融にまつわるコスト削減やファイナンシャル・インクルージョン（金融包摂）⁴⁰⁹の拡大、既存のデジタル決済システムに対する安定性の確保等、さまざまなメリットが指摘されている。

米国を例にとると、2022年1月、米国連邦準備制度理事会（Federal Reserve Bureau, FRB）が「中央銀行発行によるデジタル通貨についてのディスカッション・ペーパー」を発表⁴¹⁰し、CBDCのメリットやデメリット、他国の状況などについて解説している。

このFRBのディスカッション・ペーパーを受けて、米国財務省は2022年9月「デジタル通貨（米ドル）についての報告書^{411 412}」を発表した。現状の課題と将来に向けての目標を暗号通貨などのデジタ

⁴⁰⁶ European Commission. (2020). *Digital finance package*. Retrieved from:

https://finance.ec.europa.eu/publications/digital-finance-package_en

⁴⁰⁷ The European Central Bank. (2022). *Demystifying wholesale central bank digital currency*. Retrieved from:

<https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2022/html/ecb.sp220926-5f9b85685a.en.html>

⁴⁰⁸ Ilijevski, Andrej. SHAPING THE FUTURE OF FINTECH: FROM A PERSPECTIVE OF CENTRAL BANKS.

. *Horizons Series A*. dec2020, Vol. 27, p147-158. 12p.

⁴⁰⁹ World Bank *Financial Inclusion*. Retrieved from: <https://www.worldbank.org/en/topi/c/financial-inclusion>

⁴¹⁰ Federal Reserve Bureau. (2021). *Money and Payments: The U.S. Dollar in the Age of Digital Transformation*.

Retrieved from: <https://www.federalreserve.gov/publications/files/money-and-payments-20220120.pdf>

⁴¹¹ The U.S. Department of Treasury. (2022). Statement from Secretary of the Treasury Janet L. Yellen on the Release of Reports on Digital Assets. Retrieved from: <https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0956>

⁴¹² The White House. (2022). *Technical Evaluation for a U.S. Central Bank Digital Currency System*. Retrieved from: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/09/09-2022-Technical-Evaluation-US-CBDC-System.pdf>