

# 電磁砲（レールガン）の概要

(藤岡智和 2013.05.27 作成、2016.05.26 更新)

## 1 電磁砲の原理と特性

### (1) 電磁砲とは

その原理的な形状からレールガンとも呼ばれる電磁砲 (EMG) は、発射薬の燃焼により発生するガスの高圧で砲弾を加速する従来の砲に対し、電磁砲は強い磁界のなかを流れる電流に対する電磁力により砲弾を加速するもので、極めて高い初速 (弾丸が砲身を飛び出した時の速度で m/s で表す) を実現できる。

このため電磁砲は、外観上は従来の砲と余り変わらないものの、弾丸を発射するのに火薬を使わず、瞬間的に流れる大電流を必要とする。

### (2) 発射の原理

電磁砲とは、弾丸を電磁力により加速して打ち出す装置で、模式的には右図のように電極となる二本のレールの間に、導体の弾丸を挟んだ構造をしている。

この装置に右図赤矢印のように大電力の電流を瞬間的に流すと、二本のレールには逆方向の電流が流れ、それによりそれぞれのレールには逆回りの方向の強い磁界が生ずることになる。

その結果、弾丸が置かれた二本のレールに挟まれた位置では同じ方向の磁界 (右図の例では下から上に向け) が生ずる。

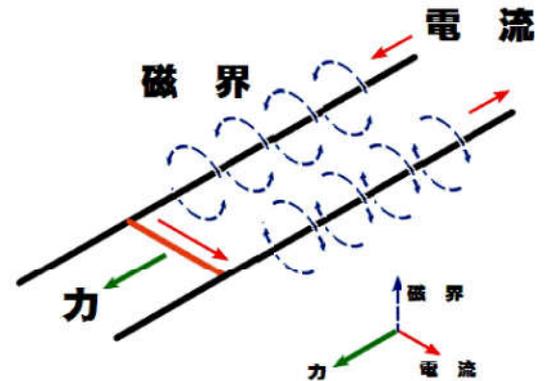
この強い磁界の中に置かれた弾丸には強い電流が流れているので、フレミングの左手の法則が示すように、右図緑色矢印が示す強い電磁力を受けることになる。

電磁砲はこの力で弾丸を発射する装置である。

実際には、電磁砲の砲身は従来砲同様に円筒形に作られ、発射される弾丸は先端のとがった砲弾の形状をしている。

弾丸は砲身内部のレール上を電流を流しながら摺動する摺動子 (被帽) の中に納められ、被帽と一緒に砲身内を進む。砲口を出たのちに弾丸は被帽を切り離し、弾丸だけが飛翔することになる。

この際、弾丸の重量は被帽に比べてはるかに重く作られているため、発射のエネルギーは大部分を飛翔する弾丸が受け継ぐことになる。



### (3) 電磁砲の特性

ニトロセルロースなどの火薬を発射薬 (装薬) の高温高圧の燃焼ガスの力で発射される従来型砲の砲弾は、砲身内を進むにつれてこれを押すガス圧が下がって行くのに 対し、電磁砲は常に一定の力で砲弾を加速することができ、理論上は砲身長に比例して初速を大きくすることができることによる。

また、従来の砲では砲身内のガス圧に耐えられるだけの強度が必要なため砲身を厚くする必要があり、特に発射薬が点火される根元付近では太い砲身が要求されるが、電磁砲では内圧に耐える強度は必要なく、砲身の肉厚も均一で済む。

このような特性から電磁砲は、長砲身、高初速、長射程の砲に適していると言える。

このため電磁砲は高い初速により time-of-flight を努めて小さくしたい対空/対ミサイル砲として期待されるほか、Mach 5 以上の超高速で着弾することから、炸薬 なしでも破壊効果が得られ、対地/対艦砲としても有効と見られている。

### (4) 実用化への課題

電磁砲実現のためには瞬間的に極めて高い電力を供給する電源装置が必要になるほか、高電圧で大量の電流を流しながら摺動する弾丸に耐えられるレールの開発が必要になる。

瞬間的に大電力を発生させるためには、大規模な蓄電装置や、大きなフライホイールに貯めた大量の運動エネルギーを一気に電気エネルギーに変換するモノポール発電機などが考えられているが、いずれも一度大電力を放出したあとに次の弾丸を放出に時間がかかるため、実用可能な発射速度 (一定時間に連続発射できる弾数を言い r/m (round/minute) で示す) を実現するための課題になっている。

また、炸薬を持たずに高い運動エネルギーで発射される超高速弾には直撃に近い命中精度を要求されるため、誘導砲弾にする必要があるが、超高速弾を誘導する技術開発も 課題になる。

## 2 米国における初期の構想

米海軍は将来の艦載兵器として電磁砲に関心を持っていた。電磁砲は大気圏外から飛来するミサイル等の撃墜を目指して Mach 7.0~8.0 で発射され、200mmを6分程度で飛行する。弾には小型の GPS/IMU が取り付けられ、目標に Mach 5.0 で激突する。

2003年にスコットランドにある世界最大のレールガン試験施設 Kirkcubright で電磁砲の海上発射実験を行い、1/8分大の弾丸10発を発射し、初速 2,500/sec、射距離 1kmを記録していた。

2002頃に海軍は実用型の出現には15年程かかると見て、2008~2009年頃に技術検証を行いたいとしていた。15~30MWと見られる電力の蓄電が課題であるが、当時計画されていた DD(X) (現在の DDG-1000) Flight 2 に間に合うと見ていた。5 米陸軍は戦車

搭載用の電磁砲を試作し、2010年までに各種技術実験を行い、当初は口径25mmの発射弾により研究を行い、実験が順調に進めば更に10年をかけて戦闘車両への搭載を目指す計画であった。

右図は UT-IAT (テキサス大学 Institute of Advanced Technology) が提案していた陸上型電磁砲で、砲口エネルギーが20MJ、初速が1,400m/s、100km以上を飛行し弾着速度が700m/sのシステムが考えられた。

他の陸上型として UD社が電磁迫撃砲の開発を進めていた。また、対装甲用としては初速2,500~3,000m/sのロッド状弾が試験されていた。5 米海兵隊は ATD (Advanced Technology Demonstration) で電磁砲の研究を行い、可能であれば次世代戦闘車両 MEFFV (Marine Air-Ground Task Force Expeditionary Family of Fighting Vehicle) への搭載を行う検討を行った。

MEFFV は 海兵隊の M1A1 及び LAV の後継となる軽量戦闘車両で 2008~2012年の装備を予定していた。

### 3 米海軍が装備化を目指している艦載電磁砲

#### (1) 開発の目標

米海軍は2009年に、DDG-1000、Arleigh Burke級駆逐艦、LCS などに装備する5吋砲と等価な電磁砲の開発を決めた。計画では2011年に確認実験を行い、2016年にシステム実験を開始、2020年~2025年の運用開始可能 (IOC) をめざしていた。

構想では、全長5ftの電磁砲が初速 Mach 7 の直撃弾 (KE 弾) を 6rpmの発射速度で発射し、秒速2,500ftに加速され、4分以内に大気圏外まで上昇後降下し、GPS により 150~250nm遠方の目標を Mach 5 で破壊する。破壊効果を増強するため、内部に爆薬を装填する検討も行う。

当初の計画では発射に必要な電力は600万A、射出エネルギーは64MJで、損失量を加味すると120MJを必要としていたが、この現段階で実現していたのは300万A、9MJが限度で、射程は12~15nm程度であった。

海軍研究本部 (ONR) は当初64MJで射程200nmの電磁砲を考えていたが、その後目標を32MJで100nmに変更している。現有の5吋砲は射程が13nmに対して電磁砲は50~100nmであるが、発射速度は現有砲の20発/分に対して10発/分と半分である。

#### (2) 開発の進行状況

この計画を推進するため ONR は設備をFY-08で32MJ用に拡充し、Phase 1 となる2008年末までに32MJを達成して、Phase 2 ではFY-10までに、32MJ下で砲身寿命数 (砲身が使用可能な発射弾数) 100発を達成する。

この開発計画に対しBAE Systems社と GA-EMS社が名乗りを挙げた。

2008年1月には海軍 Surface Warfare Center が2008年1月に BAE Systems社が試作した実験用電磁砲により10.64MJの新記録を達成した。電磁砲は4分間充電したのちに発射され、初速は2,520m/sに達した。

GA-EMS社は2009年4月に計画を受注し、34ヶ月かけて32MJで弾丸を発射する計画で、2009年には Blitzer の発射試験に成功している。Blitzer の試験では1kgの弾丸に 2MJをかけ、2,000m/sの初速を達成している。

2012年には、BAE Systems社と GA-EMS社が試作した32MJの電磁砲を、BAE Systems社は1月30日に納入して2月下旬に試験が開かれ、続いてGA-EMS社の試作品も納入された。

米海軍研究本部 (ONR) は2013年に計画の第2段階に GA-EMS社を制して BAE Systems社を選定した。第2段階では2014年に試作品が納入され連射が行われる。このための熱管理が大きな課題になる。

米海軍は電磁砲実配備の目標を2025年頃にしている。

これに伴い米海軍研究本部 (ONR) は BAE Systems社に、2013年暮れに23-lbの超高速弾 HVP の開発も発注した。

HVP は単価\$25,000を目指しているため従来弾に比べて費用対効果でも勝る。この HVP は電磁砲だけでなく艦載5吋砲や、陸軍の155mm砲からも発射でき、電磁砲から発射すれば100nm以上の射程になるのに対し、Mk45 Mod 4で発射すれば50nmの射程になる。

#### (3) 実艦試験の計画

ONR は、当面の射程50~100nm、最終的には220nmの射距離を目指し、2016年には双胴型高速輸送艦の五番艦である Trenton に BAE Systems社製の Rep-Rate を搭載して洋上試験を行う計画である。

当初は 20MJの単発であるが、2018年には連射砲の試験が行われる。

ただ海軍長官は、これはあくまでも試験のための搭載であり、実用化にはあと数十年かかると述べている。

これに伴い2013年暮れには23-lbの高速弾 HVP の開発も\$33.6Mで発注された。HVP は単価\$25,000を目指している。

2016年になって、電磁砲を高速輸送艦 JHSV に搭載し2016年に洋上試験を行うとしてきた計画が取り止めになる可能性が出てきた。

米海軍の水上演習責任者が、電磁砲は試験を行わないで Zumwalt級駆逐艦の三番艦で最終艦である Lyndon B. Johnson に直接搭載した方が良く述べている。

### 4 陸上型電磁砲

GA-EMS社が3MJの電磁砲 Blitzer に試作誘導装置を取り付けた発射試験を2015年12月にユタ州の陸軍施設で実施した。供試弾は30,000gの加速度と強い磁界に耐えた。

同社は2016年にも試験を続ける計画で、次回の発射試験は2016年1Qに行われる。

海軍の艦載電磁砲計画は GA-EMS社と BAE Systems社が受注を競ったが、2013年9月に BAE System社が受注し GA-EMS社は破れていた。

電磁砲は BMDS や C-RAM用としての陸上配備型も検討されている。

### 5 諸外国の状況

今のところ、米国以外の国で電磁砲が開発されているとの確たる報道はない。

しかしながら2013年11月に、中国の包頭 (Baotou) 北西にある機甲、砲兵試験場に80ftと110ftの異様に長い砲身の “supergun” が置かれているのが衛星写真で判明したと報じられた。

中国はかねてから supergun に関心を示しており、1970年代には ABM 兵器として、砲身長85ftの咸豊 (Xianfeng) supergun による試験を行っていたが、1980年に計画は中止されている。

1990年代にはイラクの Babylon supergun を手がけた Gerald Bull と似た supergun を明らかにしている。Babylon supergun は砲身長150ftで、Bull は中国の supergun 開発にも関与していると考えられている。

これらの supergun は従来方式の砲と思われるが、80ftと110ftの異様に長い砲身から電磁砲である可能性もある。また、もし電磁砲でなかったとしても、電磁砲を必要としている素地は十分にあると言える。

2015年6月には中国の軍事情報サイト軍事網が、中国が建造を進めている Type 055 駆逐艦について、電磁砲を搭載する可能性があるとの見方があると報じた。  
Type 055 の排水量は12,000tで、中国海軍としては過去最大である。

---

## 《主な参考資料》

1. “Navy demonstrates hypersonic naval railgun during sea trial”: Inside the Navy (2003.05.05)
2. “EM gun on the brink of fruition for land and sea applications”: International Defence Review (2005.05)
3. “New milestone for US electromagnetic gun research”: International Defence Review (2008.04)
4. “Blitzer EM railgun takes step forward for air defence role”: International Defence Review (2010.01)
5. “Electric shot”: Aviation Week & Space Technology (2012.03.05)
6. “BAE takes EM railgun development forward”: Jane’s Defence Weekly (2013.09.25)
7. “USN to demonstrate EM Railgun prototype at sea”: Jane’s Defence Weekly (2013.12.18)
8. “From research to railgun: revolutionary weapon at Future Force EXPO”: US Navy (2015.01.13)
9. “Navy mentored students fire first electromagnetic railgun shot at Virginia Tech”: US Navy (2015.12.09)
10. “Will the Navy test its futuristic rail gun at sea this year?”: Stars & Stripes (2016.02.18)
11. “GA-EMS to conduct further railgun tests”: International Defence Review (2016.03)
12. “Huge power containers to drive the future railgun at sea”: Defense Update (2016.05.23)