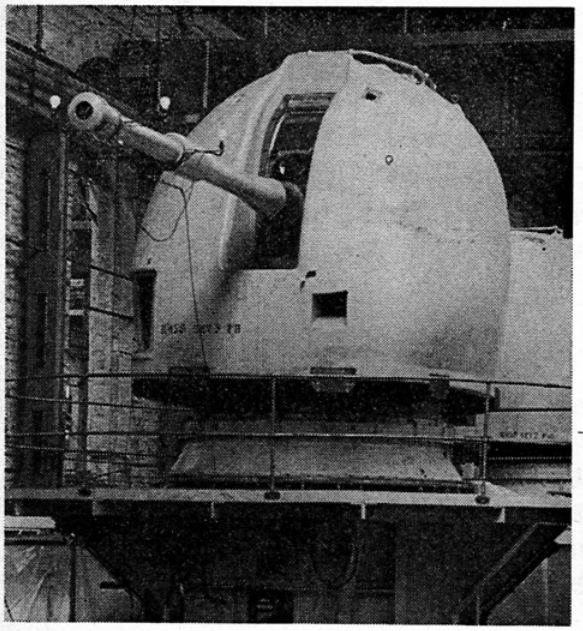
「現代の艦砲」理解のために

――――その基本的メカニズムを解明する

高須　広一
（元海将補）

A Guide to Modern Naval Guns
by Koichi Takasu



カットはヴイッカーズ社で製作中の英海軍Mk 8 11.4 サンチ完全自動砲。現代を代表する艦載砲熕兵器の一つである。

まえがき

第２次大戦後艦砲は時代遅れの兵器と考えられた時期もあったが，その後艦砲そのものだけでなく指揮関係機器が長足の進歩を遂げ，今日では自艦の防御だけでなく各種の任務の遂行に欠かせない兵器と認められている。

その進歩を艦砲だけに限ってみると，自動制御技術の発達，工作精度の向上などにより，給弾から発射に至る操作の自動化，および指揮装置に対する高速追縦性が一段と優れ，対空防御に不可欠な即時応戦能力および砲自身の命中精度が著しく向上した。自動化はまた無人化につながり，最近の砲室は小型化し，またコンピューター利用による設計技術の向上により軽量化も進んでいる。

このような艦砲の動向は，本誌でもそれを搭載する新造艦の紹介記事などで毎回言及されているが，その説明はおおむね機能性能上の特徴だけに限定されている。ここでは特定の艦砲というよりも，むしろ現代の艦砲一般に共通する基礎的事項に重点をおいて述べることにする。対象は40ミリ以上の艦砲に限定し，それより小さい砲は省略した。なお砲術用語には同じものを違った名称で呼んでいる例が多いので，つとめて同意異語を掲げ，またその英語名を併記することにした。

艦砲の種類

艦砲は出現以来数百年を経る間におびただしい数の砲種が現われ，また消えていった。これらをその弾丸の飛翔経路で整理すると，比較的直線的なものと曲線的なものに要約される。すなわち初期には砲戦距離が極く短く，一つは平射弾道をとって敵艦の舷側を指向し，もう一つは曲射弾道を描いて甲板上に落下した。やがてこの二つはそれぞれカノン（Cannon）および臼砲（Mortar）の名で代表されるようになった。その間に艦砲の改良により砲戦距離が伸び，外見がカノンに似て臼砲より長射程の曲射砲（Howitzer）が現われ，たとえばネルソン時代には曲射砲艦（Howitzer-boat）という呼び名も使用されている。

永らくこれら３種が混用される時代が続いたが，19世紀になると造兵技術の発達により砲戦距離が急速に伸び，カノンが唯一の艦砲となり，他は艦上から消えていった。カノンでも射程が伸びたために，大落角で敵艦の頭上を直撃するようになったことは第１次大戦の戦例で明らかである。またその頃から艦砲は対空防御にも使用され高角砲が出現したが，これも本質的にはカノンである。

艦砲はまた上陸作戦支援などで陸上砲撃にも使用されるが，この目的には上述の曲射砲（陸軍でいう榴弾砲）が適している。だがカノンでも発射薬の量を減らして曲射弾道を描かせれば十分に目的を達する。

艦砲は目標の位置により対水上砲と両用砲（Dual Purpose Gun）とに分けられるが，その他一般に行なわれている分類法には次のようなものがある。

■口径の大きさによる分類

口径（Caliber）とはいうまでもなく砲身の内径で，米海軍ではこれによって艦砲を次のように分類しており，海上自衛隊でもこれを採用している。

大口径砲……口径8インチ（20.3サンチ）以上
中口径砲……4インチ（10.2サンチ）をこえ8インチ（20.3サンチ）未満
小口径砲……0.6インチ（1.5サンチ）をこえ4インチ（10.2サンチ）以下
小火器……0.6インチ（1.5サンチ）以下

ちなみに旧海軍では口径25サンチ以上を大口径砲，12サンチ以上25サンチ未満を中口径砲，それに達しないものを小口径砲と呼ぶ規定になっていた。大口径砲は換言すれば戦艦の主砲で，これをド級艦出現当時にさかのぼると10インチ（25.4サンチ）砲以上を主砲台砲（略して主砲），9～9.45インチ（22.9～24.0サンチ）砲を中間砲5.9～8.2インチ（15.0～20.8サンチ）砲を副砲台砲（略して副砲），3.93～5.44インチ（10.0～13.8サンチ）砲を水雷防御砲と呼んでいた。軍縮条約時代の補助艦である重巡の8インチ（20.3サンチ）砲は当時は中口径砲であった。

なお当時の陸軍では20サンチ以上を大口径砲，9サンチ以下を小口径砲としていた。

■砲と銃

口径の大小に関連して，日本語には砲と銃があり，概念的には手で簡単に運搬，操作が可能なものを銃としている。旧陸軍の規定では口径11ミリ以下が銃，それ以上が砲となっていた。国際的には0.6インチ（1.5サンチ）を砲（Artillery）と小火器（Small Arm）の境目とするのが一般的な傾向で，この小火器がおおむね銃に対応する。ところが旧海軍では甲板上に据え付けた砲でも，火薬ガスを利用して連続発射が可能なものは口径とは無関係に機銃と呼んでいた。機銃という語が海軍で使用されるようになったのは大正になってからで，最初は陸軍でいう銃の範囲内のものであったが，のちには40ミリまでに大きくなっている。

海上自衛隊では，前項の分類にしたがって20ミリと40ミリを機関砲，13ミリを機銃と呼ぶことにしている。

■使用弾薬による分類

艦砲用の弾薬には発射薬を薬莢（やっきょう）につめたものと，薬嚢（やくのう）という布袋につめたものとがある。このいずれを使用するかによってそれぞれ次のように分類される。

莢砲（Case Gun）
嚢砲（Bag Gun）

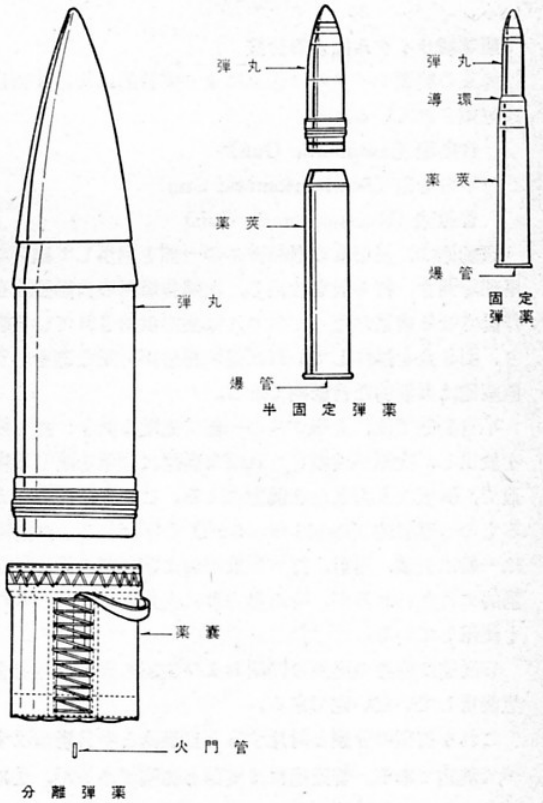
これらの構造上の相違は，砲身の尾部だけであるが，それに伴って関連器材も型式が異なっている。

ついでに各砲に使用される弾薬をその形状から分類すると次のようになり，その概要は第1図を参照されたい。なお英語名の中の A. は Ammunition の意味である。

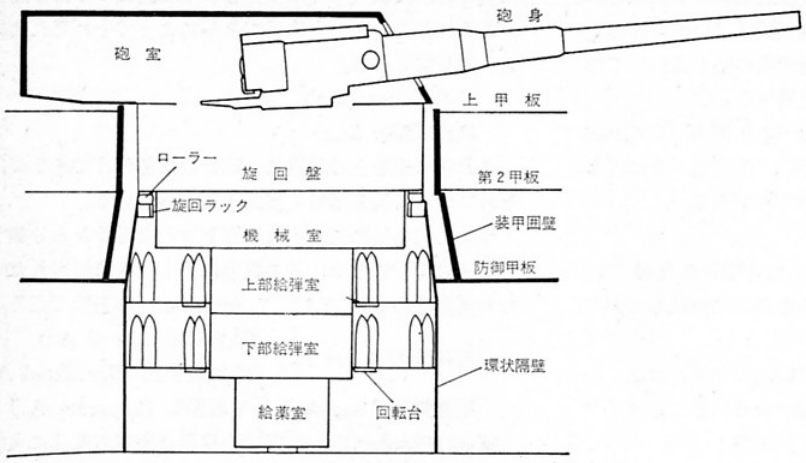
薬筒弾薬（Case A.）{固定弾薬（Fixed A.）／半固定弾薬（Semifixed A.）}
薬嚢弾薬（Bag A.）…分離弾薬（Separate A.）

薬筒（Powder Case）とは金属製の薬莢の底部に火管（Primer）を装着し，かつ発射薬をつめたものをいう。これに弾丸を結合したものが上述の固定弾薬（旧海軍では弾薬筒）である。

半固定弾薬は，弾丸と薬筒とが別個になったもので半分離式弾薬筒ともいう。別個としたのは元来兵員が一人で取扱える大きさを考慮したためであったが，今日ではむしろ下甲板からの自動揚弾機に載せる関係で半固定弾薬が使用されている。従来は3インチ（7.6サンチ）砲



第1図　弾薬の種類



第2図　砲塔砲架の一例

弾までが固定弾薬であったが，機力化により4.5インチ（11.4サンチ）砲弾にも固定弾薬が現われた。

分離弾薬は海上自衛隊では使用されていないが，これは弾丸と薬嚢（Powder Bag）と火管とからなり，いずれも別個に装填される。薬嚢は発射薬の所要量により2個以上に分割され，16インチ（40.6サンチ）砲では6個になっている。火管は薬筒用と薬嚢用とで形状が異なり，それぞれ爆管，火門管（または門管）と呼び分けられている。

■装填サイクルによる分類

弾薬の装填サイクルの遅速により慣習的に次の3種類に分類されている。

自動砲（Automatic Gun）
半自動砲（Semi-automatic Gun）
普通砲（Non-automatic Gun）

自動砲は，発射薬の爆発ガスの一部を利用して砲身の尾部を開き，打ち殻を放出し，次弾装填用の自動装置を作動させる構造になっており，弾薬が供給されている限り，引き金を操作していれば連続発射が可能な砲をいう。機関砲は典型的な自動砲である。

半自動砲では，火薬ガスの一部で砲尾を開き，打ち殻を放出し，次弾が装填されれば自動的に砲尾を閉じる構造で，装填は人力または機力による。このうち機力によるものは速射砲（Rapid-fire Gun）と呼ばれる。速射砲は一般に装填，発射，打ち殻放出および尾部の操作は自動的に行なわれるが，その動力源に火薬ガス以外のものも使用している。

普通砲は砲身の尾部の開閉および装填に火薬ガスを全然使用していない砲である。

これを前項の分類と対比すると自動砲と半自動砲はすべて英砲である。普通砲には英砲と嚢砲があるが，逆に嚢砲はすべて普通砲である。

最近は冒頭に述べたように自動化の技術が進んで，弾薬庫で揚弾薬機に弾薬を載せるとあとは自動的に給弾され，発射される型式の全自動砲（Full-automatic Gun）が普及しつつある。したがって上述の火薬ガスの利用の度合による分類法は見直しの必要があるように感じられる。

■艦砲の呼称法

艦砲の種類は口径と砲身長で識別するのが普通である。砲身長とは砲尾部を尾栓で閉鎖した場合のその前面（薬室側）から砲口までの長さをいう。これを表わすには長さの単位を用いず，口径の寸法の何倍かで示し，何口径という。これとまぎらわしい表示に，たとえば「.30口径」がある。これはポツサンマルと読み，0.3インチを意味し口径寸法である。これは小火器でのロ径の表わし方である。

米海軍では，たとえば5インチ38口径両用砲とか，8インチ55口径速射砲のような呼び方をしているが，海上自衛隊の制式名では「68式50口径3インチ連装速射砲」のようにロ径と砲身長を示す順序が米軍の場合と逆である。これは米軍よりも旧海軍の呼び方によったもので，旧海軍はまた英海軍の呼び方を手本にしていた。もっとも旧海軍では，たとえば「45口径3年式40糎砲」のように呼んでおり，この何々式は尾栓の型式を表わしていた。

艦上に装備された砲は個有認識番号が付され，何番砲と呼ばれる。これは2ケタの数字で示され，10位の数字は口径を表わし，13ミリ，20ミリ，3インチ，40ミリ，5インチをそれぞれ1～5で示し，1位の数字で各口径の砲台ごとに艦首から，また両舷側に並んでいれば右舷から順番号をとる。たとえば艦首の最前にある5インチ砲は51番砲である。

砲　架

艦砲は砲身（Gun Barrel）とそれを支える砲架（Gun Mount）からなっている。英語ではガンがしばしば砲身の意味に使用され，また艦砲全体をガン・マウントということがある。この場合はこれを砲と訳した方がぴったりする。日本語の砲架は砲全体を指すことはない。

発砲の際に砲身が後退することは射撃の見学とか映画の戦争場面でご承知のように，それは砲身の部分だけで砲架は動かない。

艦砲の砲架は砲塔砲架（Turret Mount）と甲板砲架（Deck Mount）とに大別される。砲塔砲架は大艦巨砲

時代の名残りとして存在しているだけで，わが自衛艦にはこれを装備した艦は一隻もなく，これはおおむね6インチ（15.2サンチ）砲以上に採用されているが，最近は5インチ（12.7サンチ）砲程度でも砲塔と呼んでいるが，濫用の傾向がある。それは構造が大きくて旋回部分を船体工事と同様に組み立てられる場合，すなわち工事が造兵部と造船部の双方の所掌にまたがる場合に使われるのが正しい。砲全体が造兵工場で組み立てられ，起重機で吊って艦上で造船部の作った礎台の上にボルト締めする場合には甲板砲架である。

■砲塔砲架

砲塔砲架は第2図に示すように上甲板から下方の防御甲板まで縦に区画した装甲囲壁（Barbette）があり，これによって旋回盤の基部が敵弾から保護されているものをいう。この方式では砲室から下の給薬室までが旋回盤のローラーを介して回転する。図には示していないが，下方から給弾給薬用のホイストが砲室まで達しており，弾丸と薬筒または薬嚢は横に長い装填機（Rammer）により装填される。

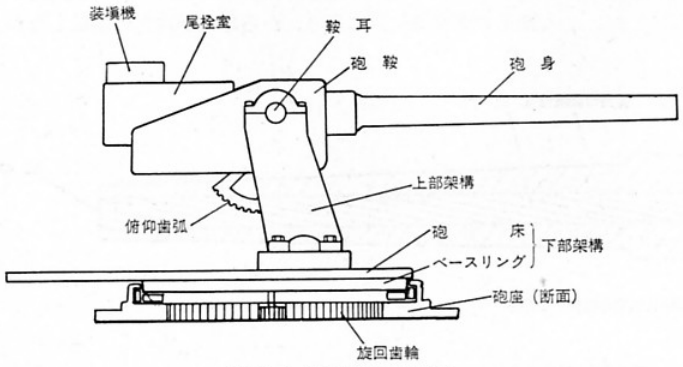
■甲板砲架

甲板砲架はおおむね5インチ（12.7サンチ）砲以下であり，今日ではほとんどがベース・リング型式である。最近は砲架は砲室に収められ，弾薬は下甲板から自動的に給弾されるものがふえている。

甲板砲架の一例として主要部を示すと第3図のようである。砲身の俯仰の際に動くのは砲鞍（Slide）だけで，旋回の際にはベース・リング以上がすべて回る。連装以上の砲ではすべての砲身が同時に旋回する。

砲鞍は砲身を直接支持しており，発砲の際に砲身は砲鞍を滑って後退する。砲鞍には両側に鞍耳（Trunnion）があり，またこれを中心とする俯仰歯弧（Elevation Arc）がついている。この歯弧は砲身の左側（図では反対側）の俯仰ハンドルと連結した小歯車により砲の要目表に示されるような俯角・仰角がとれる。

鞍耳は架構（Carriage）の耳軸受に支えられている。



第3図　甲板砲架の主要部

鞍耳は帆走艦時代の艦砲では，砲身に直接ついており砲耳と呼ばれた。これを支持しているのを英語でやはりキャリッジというが，この場合にはこれが砲架と訳されている。日本語では同じ英語を訳しわける必要がある。

架構の下部は砲床（Platform）をなし，円形のベース・リングと一体となっている。この二つを下部架構ともいう。ベース・リングの下面は縦形および横形のローラーを介して砲座に載っている。砲座の円筒部の内面には旋回歯輪（Training Circle）が刻まれている。砲身の右側の旋回ハンドルからロッドが出ていて，その先端の小歯車が歯輪と咬み合い，ハンドルの回転で小歯車が歯輪に沿って回り，こうして砲身は360度回転しうる。しかし砲が艦上の構造物や配置人員を直撃したり，爆風によって危害を与えないように射界制限装置（Firing Stop Mechanism）があって，この場合にカム作動により発砲回路を断とするようになっている。これは砲の旋回によって回る円形カム板と砲の俯仰に応じてその上を半径方向に動くカム棒とからなっており，カム面は搭載する艦に応じて切られている。

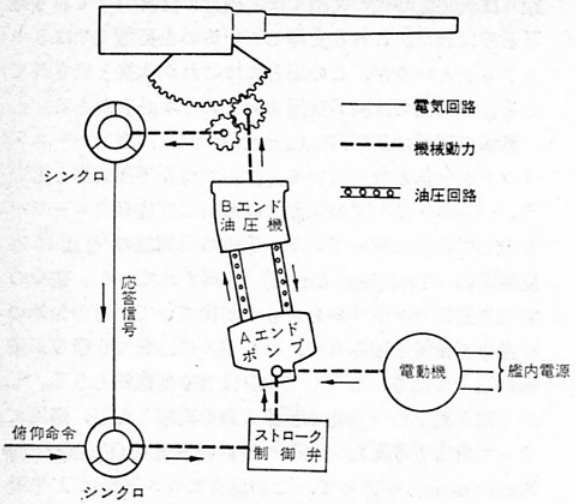
砲座は下面が甲板上の礎台にボルト締めされている。砲座の下の甲板には円形の穴が空いており，電線あるいは給弾機などが下甲板に通じている。砲架にはこれらのほかに砲側照準器，信管調定器あるいは装填機などが付属する。

■旋回俯仰動力装置

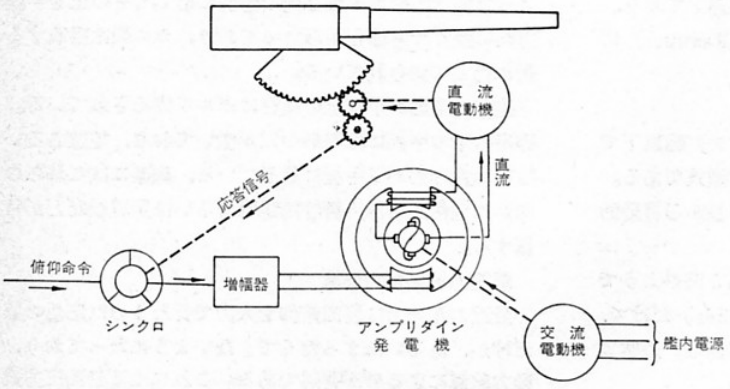
最近の艦砲では旋回俯仰を人力で行なうのは応急の際だけか，あるいはまったくできないようになっており，動力装置によるのが普通である。これには電動油圧方式とアンプリダイン方式とがある。電動油圧式は現用の40ミリ以上16インチ（40.6サンチ）砲に至る各種砲架のほか，揚弾機や装填機のように起動停止に大馬力を要するものにも使用されている。またアンプリダイン方式は5インチ（12.7サンチ）砲までの比較的軽い砲架や方位盤，探照灯，レーダー・アンテナなどに使用されており，保守整備の面で勝っている。なお戦艦大和級の主砲では米艦と異なり水圧機械を使用していた。

上述の両方式の操縦には自動制御理論におけるフィードバック制御を利用しており，その概要は第4，第5図に示すとおりである。なお図は俯仰装置を示したが旋回装置も同様である。

電動油圧方式では第4図のAエンド・ポンプの内部の斜板が回っている時に，俯仰命令信号によってストローク制御用のサーボ弁のピストンが斜板の角度を変えると，油圧作用でBエンド油圧モーターが回転を始めて砲身を俯仰させる。その際砲身のとった角度が刻



第4図　電動油圧式俯仰装置系統図



第5図　アンプリダイン式俯仰装置系統図

刻とシンクロにフィードバックされ，応答信号が命令信号と一致するとストローク制御弁が中正位置に戻り，Bエンドが停止する。シンクロとは機能的には変圧器で，形状は電動機に似ており，同じもの2個の回転子を結線して，一方の回転子を回すと電圧が変化し，これが他方の回転子に加わるとこれが同じ角度だけ回転する。したがって一方の受けた角度変化を離れた場所の他方に伝達することのできる装置である。

アンプリダイン方式の概要は第5図のとおりで，アンプリダイン発電機は普通の直流発電機の固有のブラシを短絡し，補償巻線を設けて大出力を得るようにした増幅発電機である。俯仰命令がこれの制御巻線に入ると直線電動機に大電力が送られ砲を動かす。この場合の例では，その角度変化がシンクロにフィードバックされ，制御巻線の励磁が解かれて砲が静止する。

砲　身

砲身は嚢砲の場合には砲身管と砲尾環（Yoke），莢砲では砲身管と砲尾室（Gun Housing または Breech Housing）からなる。普通には砲身管を単に砲身という。

第6図は莢砲の砲身を上から見た断面であるが，各部のプロポーションは実際とは異なる。図の膣中（とうちゅう，Bore）とは空洞部を指すが，これは海軍用語で陸軍では砲腔と呼んでいた。

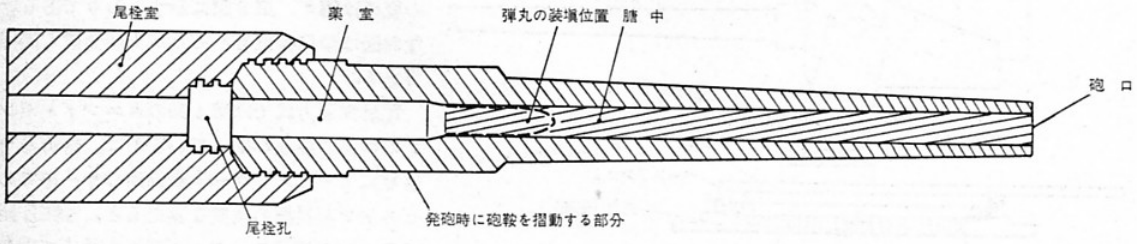
第7図に嚢砲の砲身の外観を示す。砲身環は砲身の尾部にはまり，駐退機のロッドを固定する。

■尾栓機構

尾栓機構（Breech Mechanism）は発砲時に砲尾を閉じ，装塡時その他に開くためのもので閉鎖機ともいう。現在嚢砲には段隔螺式(Interrupted Screw Type)，莢砲には鎖栓式（Sliding Wedge Type）が使用されている。

段隔螺式は間欠的に設けたねじによって開閉が行なわれる。鎖栓式は元来発射速度を増すために考案されたもので，その尾栓（Breechblock）は上下または左右方向に滑って砲尾を開閉するが，現用のはほとんどが垂直式である。

第8図は垂直式尾栓で，側面の縦形の突起はやや斜めについており，尾栓室の溝を上方に滑るにつれて前方に移動するとともに，両側のからけり（Extractor）の爪が薬莢の縁に咬み合って薬莢を前方に押しながら閉鎖する。図はこの時の状態で，発射後尾栓が下がる際に突子はそのままの位置にあり，からけりが右方に回転しなが



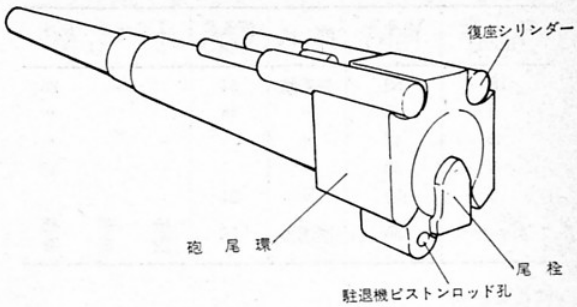
第6図　莢砲の砲身

ら打ち殻を抜き出す。

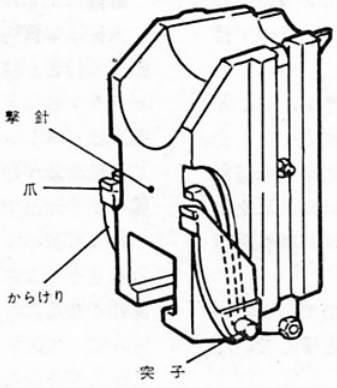
■駐退復座機構

弾丸を発射する際の推進力に対する反動力で砲身が後退するのを駐退（Recoil），発砲前の位置に戻るのを復座（Counterrecoil）という。駐退を旧海軍用語では退却といった。

艦砲の駐退機は油圧式が普通である。復座機は3インチ（7.6サンチ）砲以下ではバネ式で，砲身の後部に巻いた太いバネによる。5インチ（12.7サンチ）砲以上では一般に空気式を用いており，第9図のように駐退機と一体になり駐退復座機という。英砲の駐退復座機は尾栓室の下部に組み込まれており，そのロッドが砲鞍に固定されている。発砲の反動力で尾栓室が図のように後退すると油室の右側の油の圧力が高まり，ピストンの3個の小孔から左へ徐々に移動することによって制動作用を生じる。同時に，高圧ガス室ではロッドが進入して容積が狭くなり圧力がさらに高まる。反動力が去ると，ガスが最初の圧力に戻ろうとしてロッドを押すので砲身が復座する。



第7図　蓋砲の砲身



第8図　垂直鎖栓式尾栓

■施条

第6図に示したように，腔面すなわち砲身の内面には多数の螺旋状の溝が刻まれている。この溝を海軍では施条（せじょう，Rifie），陸軍では腔綫（こうせん）と呼んだ。施条を旋条と記すのは誤りである。また「綫」は「線」と同字であるが，腔線とは記されていない。

施条は，これがないと円筒弾が飛翔中にでんぐり返しを打ったりして勝手な方向へ行ってしまうことからつけられるようになった。すなわち，砲の口径と同じ外径の弾丸の尾部に，これよりわずかに径の大きい導環（Rotating Band）を付けて発射すると，施条のために高速で旋転し，物理学でいうジャイロ作用の剛性が現われて，空中を常にとがった先端を前にしながら安定した弾道を描いて飛ぶようになる。

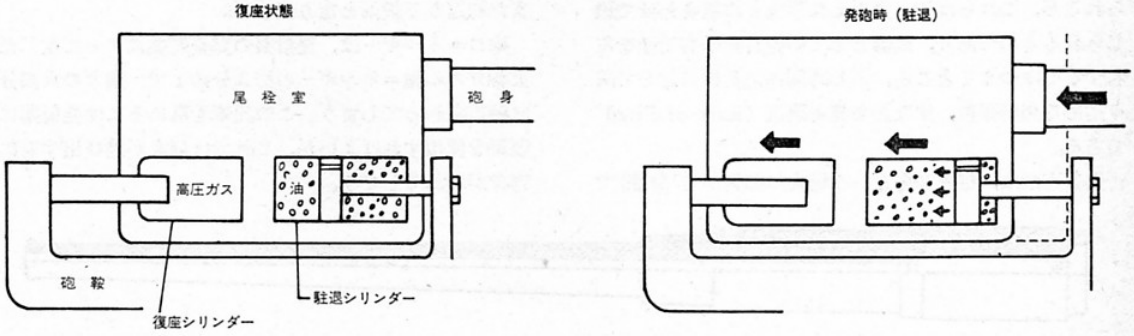
施条の山は口径の大きいほど，発射の都度摩耗が激しいので，大口径砲ではしばしば施条を刻んだ内筒を砲身にはめ込み，摩耗した場合には艦上で容易に交換ができるようにしている。

施条は右ねじに刻まれるのが普通で，砲尾から見ると時計方向に回転している。その溝にはねじれ方の均一な等斉型と，砲口に近づくにつれてねじれ方が大きくなっている漸速型とがある。施条の本数および腔中で1回転する長さの例をいくつかの口径の砲について示すと次頁の表のとおりである。

■砲身の工作法

中・小口径砲の砲身は単一ブロックの鋼塊を鍛造して管に仕上げた単肉砲身（Monobloc Gun）がほとんどであるが，その一部は同時に自緊砲身（Radially Expanded Gun）でもある。大口径砲は層成砲身（Built-up Gun）が普通で，8インチ（20.3サンチ）砲にはこれに自緊をかけたものもある。

層成砲身は第10図に示すような構造で，内管の上に外管を順次焼きばめていったもので，この結果内側の各管に内圧がかかり，この力に打ち勝つまで強度を増すこと



第9図　駐退復座機作動要領

各種口径の砲の施条

口径 (inch)	砲身長 (口径)	型式	施条数 (本)	1ターンの長さ (口径)
16	50	等斉型	64	25
8	55	〃	48	〃
6	47	〃		〃
5	38	〃		30
3	50	〃	24	
40mm	56	漸速型	16	始部 45 砲口 30

になる。

第10図のように各層は砲口から砲尾までに全通しておらず，薬室の表面で一番層数が大きくなっている。これがちょうど箍（たが）をはめたようになっているので装箍（そうこ）砲身ともいう。

層成砲身は層数を増すにつれて強度を増すが，この考えを発展させて単肉砲身に無限数の層を形成させるようにしたのが自緊砲身である。すなわち単肉砲身の内径を規定の口径より若干，小さめに仕上げ，これに内圧を加えて所定の口径まで拡げて内面近くの層だけに塑性変形を与えた砲身である。

旧海軍では自緊法をフランスから学んだので，この砲身をオートフレッタージ（Autofrettage）と呼んでいた。これを直訳すれば「自動装箍」である。

単肉砲身に自緊をかけるか否かは砲身材料の強度に基づくもので，同一口径でもある時期に自緊をかけていたのが，材料の進歩により無自緊となることもある。

有効性の尺度

艦砲の有効性を評価するには，命中精度をはじめ多くの要素について行なわれなければならない。

しかし，ここでは普通に個々の艦砲の解説でとり上げられている性能項目について，それに関連する事項を述べることにする。

■発射速度

砲の有効性評価の対象として射程，発射薬の効率，射撃精度，弾丸の重量，初速および破壊力などがとり上げられるが，これらは砲と発射した弾丸との組合わせで論じられるものであり，武器としての砲自身の有効性を左右するのはつまるところ，ある時間内に目標に対して送り込める発射弾数，すなわち発射速度（Rate of Fire）である。

発射速度は，毎分60発という場合に60発が1分間で発射されるという意味ではない。ただ1分間に60発の割合で発射しうるということである。したがって即応弾薬（Ready Service Ammunition）が60発以下である場合には，1分間に60発を発射することはできない。また発射に先行して照準されなければならないが，旋回俯仰の速度，加速度および追縦性が照準に遅れるようでは発射速度が現実には低下する。

発射速度は，また短時間の発射弾数の点で即時応戦能力にも関係するが，砲身を逐次回転して連続発射を行なう型式の多連装砲では，初動時に砲身の回転が定常状態になるまでは現実の発射速度が極めて低い。

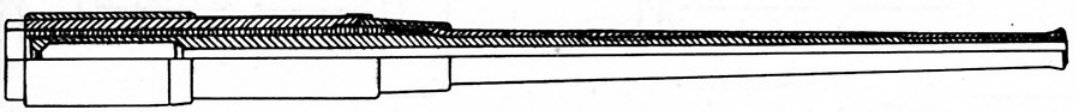
■砲口エネルギー

大砲は本質的には熱機関で，砲身内の作動はガソリン機関の行程と同じであり，高温高圧ガスの膨張によってピストンの代りに弾丸が押し出される。力学的にいえば弾丸はピストンと同様に膛中で仕事をしたことになる。この仕事量が砲口エネルギーで，これは第11図の膛圧曲線の下の面積で表わされる。

弾丸の膛中での動作を眺めると，まず発射薬が点火されるとそのガス圧が急激に上昇し，弾丸が自身の慣性や周囲の摩擦に打ち勝つだけの圧力になると弾丸が施条に咬み合って旋転を始める。前進すると薬室側の容積は増し圧力が下がるはずであるが，発射薬は激しく燃焼し続けているので正味の膛圧はさらに上昇し，間もなく最大圧力となる。その後膛圧はゆるやかに下がり，弾丸が膛中の中央あたりに達した時発射薬は燃え尽きる。また膛圧は砲口で最大値の10～30パーセントになる。

もし膛圧が図の弾性限界曲線より上に出ると砲身は永久変形をおこし，あるいは破壊する。また砲身は設計上安全係数をとって弾性限界の下に許容圧力曲線を引いている。これは砲口に近づくほど膛圧曲線に対して余裕がとられているが，発射薬を改善してこれに近づけると膛面の燃蝕（Erosion）が激しくなり砲身の寿命を短くする。またそのために発射薬を増せば薬室を拡げなければならず，砲身の重量を増し，動作がにぶくなる。さらに砲口での圧力が高いと砲口焔（Muzzle Flash）を増し，また初速が不規則となりやすい。

砲口エネルギーは，発射薬の完全燃焼によって生じた火薬ガスの総エネルギーの約3分の1で，残りの大部分は熱に変わってしまう。この比率を高めるには発射薬に爆薬を使用すればよいが，これでは弾丸が飛び出す前に砲身が壊れてしまう。



第10図　層成砲身

■初速

普通には砲口を出る時の弾丸の速度を初速というが，この瞬間には弾丸は次のような運動をしている。

弾丸が火薬ガスに押されて膛中を運動する間に弾丸の前方にある膛中の空気は急激に押し出され，砲口外の空気に衝突する。また弾丸と膛面との間のわずかな空き間からは少量の火薬ガスが漏れて噴出する。弾丸の底部が砲口を離れるとこれを押していた大量のガスが上述の乱された外気中に急激に突入する。これが既述の砲口焔の原因で，たとば40ミリ機関砲などの砲口のラッパ状の筒はこのための消焔筒（Flash Hider）である。

さて弾丸が砲口を離れた瞬間にはガスの速度は弾丸の速度と同じであるが，まだガス圧が高いためにガスの速度は急激に上昇して弾丸を追い越していく。この時ガスの速度は弾丸の倍以上に達するのでガスが弾丸に推力を及ぼし，そのために弾丸は加速される。すなわち弾丸の速度は砲口よりも離れた所で最大となる。

またこの際，砲身は駐退しており，まだ復座していない。

普通には英語の Muzzle Velocity を初速と訳しているが，これを直訳すれば砲口速度である。厳密にはこれは砲内弾道学的初速であって，導環が砲口面を離れる時の弾丸の砲身に対する速度と定義される。

ところが用兵者にとって関心があるのは砲口を飛び出した弾丸がどこへ飛んでいくかということで，この観点から算出される初速は，上述の砲口速度とは異なり，砲口からある距離における弾丸の速度を測定し，これに発射前の砲口の位置からその距離に至る間の空気抵抗と重力による減速分を計算して加えた値をとっている。すなわちこれには砲口を離れたのちのガス圧の加速分も砲身の駐退も考慮されていない。これを砲外弾道学的初速（Initial Velocity）といい，この値が射表などに載っている。この値は一般的に砲内弾道学的初速より1～2パーセント高い値を示す。

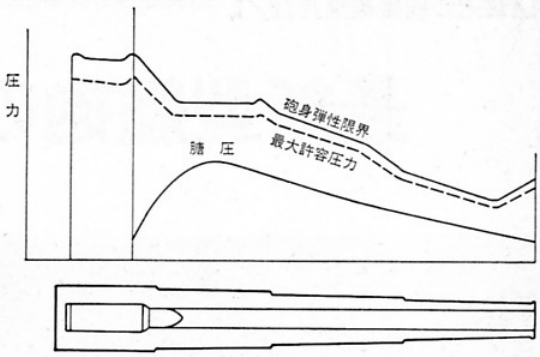
艦砲の初速は現在750～1,000メートルであるが，高速移動目標に対しては，弾丸が速く到達するために初速の高いことが望ましい。また遠距離での命中精度の確保のためにも初速の高いことが要求される。

しかしこれは同一の弾丸についてのことで，たとえば同じ発射薬で弾丸を軽くすると初速が非常に増大する。しかしこの場合には空気抵抗の影響が大きく，射程が著しく減少する。

一般に初速を増加するには砲身を長くする，膛圧を高くする，発射薬の配合と形状を改善することなどがあげられる。

■射程

弾道とは運動する弾丸の重心の軌跡と定義される。空



第11図　砲身各部の強度

中を飛翔する弾丸の径路を弾道ということが多いが，これは砲外弾道といい，弾丸の運動という観点からは膛中が砲内弾道でこれは砲身設計の重要資料となる。また前項の砲内から砲外に移る個所を特に過渡弾道という。さらに弾丸の命中した後が侵徹弾道である。

砲身は静止時には自重で砲口が下方に垂れ下がる傾向にある。これを垂下（Gun Droop）といい，当然砲身が長いほど大きい。

発砲時に膛圧が高まると，ちょうど消防用ホースが放水時に内圧がかかって剛性を帯びるのと同様に砲口をもたげる。

また弾丸の時計方向の旋転により砲身は反時計方向にねじれる。これらの現象で弾丸は砲口を離れる時に砲の元来とっている仰角よりも大きい角度の方向に飛び出す。この角度差を跳起角（Jump Angle）という。しかし弾丸が膛中を進むにつれて砲全体の重心が前方に移動し，これが跳起角を減少させる。一般にはこの角度は非常に小さい。

弾道上の任意の点での弾丸の速度を存速（Remaining Velocity）という。存速は上述の最大速力以後重力や空気抵抗により減速する一方である。

ただしベトナム戦争中の艦砲射撃で使用されたロケット推進併用の8インチ（20.3サンチ）砲弾のような場合は当然異なる。

弾丸を45度方向に飛ばせば最大射程が得られることは微積分の教科書に載っているが，これは真空弾道の場合で，空気中の弾道では風，空気密度，気温，その他の影響が加わり，こうはならない。

最大射程を得る射角はこのほかに初速，弾丸の形状，重量などの関係で一様ではないが，あるデータでは初速750メートルの場合42度，850メートルの場合で50度となっている。

なお射程を増大するには，上述の初速の増加やロケット推進砲弾のほか，弾丸の最適形状の研究からも得られる。