

蒙古襲来と蒙古軍船

海洋技術連絡会

2017年12月7日講演資料

Ship 3D Design 播磨屋
播田安弘

2021.12.19NHK能島小早船
櫓漕ぎテスト値より修正



蒙古襲来！鎌倉武士は一騎討ちで
敗れ、博多は炎上したのか？

蒙古襲来

- 蒙古襲来は鎌倉時代に2度もあり、日本は国家存亡の瀬戸際だった！
- 初回は文永の役で1274年10月、900隻の軍船と4万人の蒙古の大軍が対馬、壱岐、博多に攻め寄せ上陸し、一騎討ちで戦う鎌倉武士を集団戦で撃破、武士団は敗れに敗れ大宰府迄撤退、宮崎宮と博多の街は焼かれた、しかしその夕刻船に撤退、翌朝博多湾から姿を消した物語で、蒙古軍に一騎討ちで敗れた鎌倉武士と有名です。



蒙古襲来絵詞

5騎で蒙古軍に突撃、矢で射られ苦戦中の竹崎季長

後方から菊池勢が100余騎の集団騎馬騎射で突撃、蒙古軍を蹴散らし季長助かる

- 2回目は7年後の弘安の役で、4400隻の史上最大の艦隊と15万人の蒙古大軍が襲来、しかし神風台風により蒙古の大艦隊は壊滅、日本が侵略されなかった物語です。
- 初回の文永の役では蒙古軍は勝利しているにも関わらず、その日に撤退したので、なぜ撤退したのか、大嵐説、威力偵察攻撃説、矢尽き説など諸説あります。
- 文永の役で本当に鎌倉武士は一騎討ちで戦い敗れたのか？ 文永の役の蒙古軍撤退原因を解明するため、蒙古軍の戦いや蒙古軍船について検証を行ったものです。

蒙古襲来概要

| | 文永の役 | 弘安の役 |
|--------|---|-------------------------|
| 日時 | 新暦1274年11月11日～26日 | 新暦1291年6月16日～8月末 |
| 蒙古軍船数 | 900隻、大型中型軍船300隻、各船に上陸艇300隻、水汲艇300隻を搭載、 | 史上最大の艦隊、約4400隻 |
| 蒙古軍 | 兵士2.7万、船員1.3万総計約4万人 | 兵士、船員総計約15万人 |
| 蒙古軍軍馬 | 約500～1000頭(去勢馬、指揮官のみ騎馬) | 不明 |
| 蒙古軍武器 | 蒙古弓、毒矢、槍、矛、盾、両刃剣、てつほう、石弓、銅鑼、甲冑は軽量皮鎧、綿甲、靴 | 同左 |
| 蒙古軍戦術 | 寄せ太鼓、引き太鼓の集団戦 | 防塁で上陸できず、主は海戦 |
| 攻撃場所 | 対馬、壱岐、平戸～博多 | 対馬、壱岐、博多～鷹島 |
| 鎌倉武士団数 | 九州の御家人、騎馬約5000騎(雄馬)、郎党約5千～1万、合計1万～1.5万人 | 兵力不明 |
| 武士団武器 | 騎馬武士:長弓、日本刀、薙刀、甲冑は大鎧、郎党:薙刀、日本刀、腹巻、草摺、手足甲 | 同左 |
| 武士団戦術 | 一騎討ち伝説は誤り、各御家人グループで戦い、集団騎馬騎射突撃と白兵戦 | 小舟で蒙古船に乗り込み、切り込み、火をかける |
| 結果 | 博多上陸当日夕刻船に撤退、翌朝博多から消え去る、途中嵐で座礁、未帰還者13500人 | 台風で蒙古艦隊壊滅 未帰還者8～14万人 |

蒙古軍、武士団の武器、鎧



文永の役：蒙古軍と博多湾概要

高麗
合浦

文永の役① 対馬・老岐攻略
(1274年10月3日～同20日)

10月3日 元・高麗軍、合浦を出港

高麗の合浦を出航した元・高麗軍は、途中、対馬・老岐・松浦半島を制圧しながら、大宰府攻略を目指して博多湾に侵入した。

10月5日 対馬の戦い 宗資国勢、全滅

10月14日 老岐の戦い 平景隆勢、全滅

10月20日 元・高麗軍 博多湾へ侵入

10月16日～17日 元・高麗軍、肥前沿岸に襲来
※「八幡愚童訓」や後世の二次史料による

← 元・高麗軍の動き

対馬 老岐 博多 大宰府 筑前 肥前 平戸 松浦郡



蒙古襲来各説

| | 蒙古軍上陸場所 | 武士の戦術 | 蒙古軍撤退原因 |
|---------------------|--|---|--|
| 八幡愚童訓 (寺社の宣伝書) | 今津、百道浜、博多、 筥崎 | 一騎討ちは集団戦に敗れ 水城迄撤退 | 祈祷による神兵と大 風により撤退 |
| 歴史家の通説 (上記を信じた) | 今津、百道浜、博多、 筥崎 | 一騎討ちが集団戦に敗れ 水城迄撤退 | 威力偵察攻撃のため の撤退 |
| 蒙古襲来一般書 | 今津、百道浜、博多、 筥崎 | 一騎討ちが集団戦に敗れ 水城迄撤退 | 大嵐や威力偵察攻 撃、矢尽きの撤退 |
| 教科書 | 今津、百道浜、博多、 筥崎 | | 武士の健闘、矢尽き |
| 蒙古襲来絵詞 武士団家伝 | 百道浜、姪浜 | 百余騎の集団騎馬騎射突 撃、蒙古軍を撃退、勝利 | 武士団が撃退 |
| 軍人、技術者の蒙 古襲来 | 今津、百道浜、博多、 筥崎 | 百余騎の集団騎馬騎射突 撃、水城迄撤退は各論有 | 武士団の奮戦で蒙古 軍撤退矢尽き |
| 本推論の蒙古襲来 (船の専門家) | 蒙古襲来絵詞の行 軍記録から、百道 浜に上陸し赤坂進 軍、博多や筥崎に は上陸していない | 百余騎の集団騎馬騎射突 撃で蒙古軍を撃破、勝利 水城迄撤退せず、蒙古軍 は博多迄進軍していない、 博多は焼かれていない | 蒙古軍は上陸艇に乗 り換え上陸、全員上 陸できず、兵力の逐 次投入にて武士団に 敗北、撤退した。 |

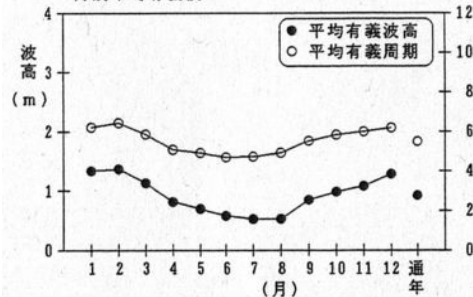
冬季の対馬海峡、玄界灘の気象・海象データ

- 左表上に対馬鰐浦の風速と風向(気象庁データ)を示し、12月に入ると、西北西の風で10m/s以上が23日間、15m以上が9日間、最大風速は21mと強風が吹き荒れ、11月とは全く異なる事を示し、本データから蒙古軍は戦死者が予想より多く、大宰府が占拠できないので、早く撤退しないと、逆風と大荒れで帰還出来ず全滅するので撤退を急いだ一番の理由が読み取れる。現代のヨット乗りでも冬の対馬海峡は鬼門であり航走しない。
- 下表右は(NAWHASデータ)玄界灘の月別有義波高と波周期を示し、12月の平均有義波高は約1.3m、波周期6.1秒と夏季の約2倍と厳しくなることが判る。

2005年対馬鰐浦風速、風向

| 月 | 平均風速 | 風速、風向 | | | 風速出現日 | |
|----|------|-------|-----|------|--------|--------|
| | | 最大風速 | 風向 | 最多風向 | ≥10m/s | ≥15m/s |
| 1 | 6.1 | 17 | 西北西 | 西北西 | 21 | 2 |
| 2 | 6.1 | 22 | 西北西 | 西北西 | 15 | 3 |
| 3 | 5.3 | 19 | 西北西 | 西北西 | 17 | 6 |
| 4 | 4.8 | 13 | 北北東 | 西 | 9 | 0 |
| 5 | 3.8 | 11 | 南南東 | 東 | 5 | 0 |
| 6 | 3.9 | 9 | 西南西 | 東 | 0 | 0 |
| 7 | 3.8 | 12 | 西 | 西 | 4 | 0 |
| 8 | 4.1 | 14 | 東 | 東 | 3 | 0 |
| 9 | 5.6 | 20 | 北北西 | 東 | 9 | 2 |
| 10 | 4.7 | 11 | 東 | 東 | 6 | 0 |
| 11 | 4.2 | 18 | 西北西 | 西北西 | 8 | 2 |
| 12 | 6.9 | 21 | 西北西 | 西北西 | 23 | 9 |

玄界灘 1983年-1988年(6ヶ年統計)
月別平均有義波



玄界灘 1983年-1988年(6ヶ年統計)
波高階級別出現頻度(通年)

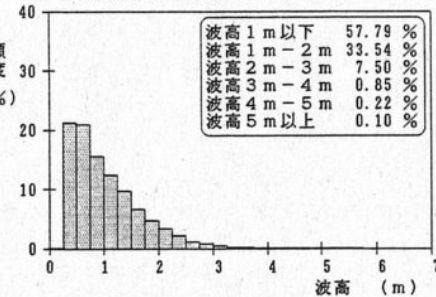
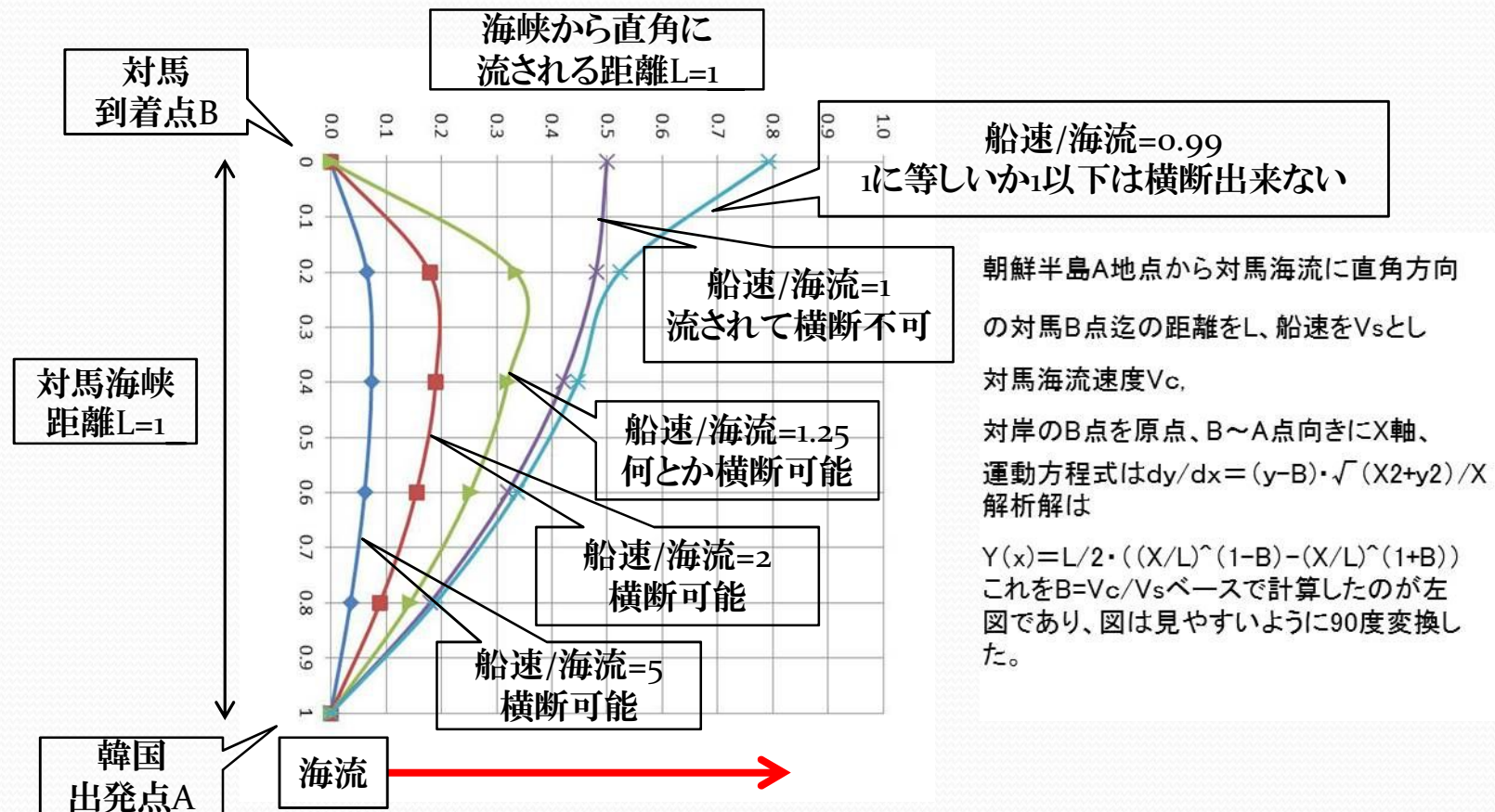


図-4.31 玄界灘 波候特性図

対馬海峡横断シュミレーション

- 海流と船速による対馬海峡横断シュミレーション
- 対馬海峡の海流は約1.5～2ノットあり、横断するには船速が海流の約2倍は必要となる。



文永の役の蒙古軍船概要

- 蒙古軍船は合計900隻、大型軍船は約300隻、各軍船には小型上陸艇と小型水汲み艇をそれぞれに搭載しており、合計900隻であり、兵士と船員が合計4万人、大型軍船は長さ約30m級で1隻約200名乗りとされている。
- 文永の役では蒙古は南宋と戦っていたため、軍船は高麗に命じて6ヶ月で900隻建造したとある。(弘安の役では南宋が陥落し、外洋航行型の南宋の船を使用)
- 当時の高麗で6ヶ月で900隻も作れるわけがなく(後記参照)、船型も宋の外洋型でなく、製作が簡単な角型の川船形状の高麗船だったとされる。
- 高麗型大型軍船を出土船から推定し設計復元した。サイズ、重量、搭載量を算出し、帆柱や帆、錨、兵士や船員、武器、食料、水タンクの配置図を作成し、帆走速度、櫓速度、投錨時の風圧や潮流力、波力を計算した。
- 船は超低速時水や空気抵抗は小さく、少しの潮流、風ですぐ流され座礁するので投錨が非常に重要、座礁＝死であり船員は初入港や投錨時は非常に慎重になる。
- 特に30m級の大型帆船では櫓で操船し、自由が効かず、水深情報があつたとしても、300隻の船団の初入湾時の投錨は簡単でなく、時間がかかる。
- ある日の朝、突然300隻の蒙古の大艦隊が博多に現れ、すぐ上陸艇で全兵士、軍馬、兵站を揚陸し、すぐ攻撃を開始し武士団を殲滅し、その日の撤退はありえない。

高麗発掘船の形状、構造

- 形状は角型の川船形状、赤松の厚板構造で肋骨がなく、梁で支え、寺社建築の様な木釘連結である。
- ポンレ3号位の大型になると梁だけでは強度的に不可能、補強したと考えられ船底に肋骨形状が見て取れる。
- 赤松と鉄の強度差は約1/5であり、赤松木釘断面積を5倍とすれば鉄と同強度となるが、ヤング率が1/2で同じ力が加わると2倍撓む、岩礁に座礁時は木釘連結は強度的には不利と思われる。
- 木釘連結は、互いにほぞを彫り、これに正確に合わせた木釘を密に打ち込むので、手間が大変であり、建造期間が6ヶ月と短く、元より鉄釘の供給を受け、鉄釘連結した可能性がある。

中国蓬萊で発掘された高麗末期の大型船ポンレ3号
上：長さ28m、幅8mポンレ3号
下：宋船



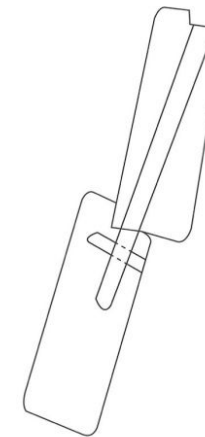
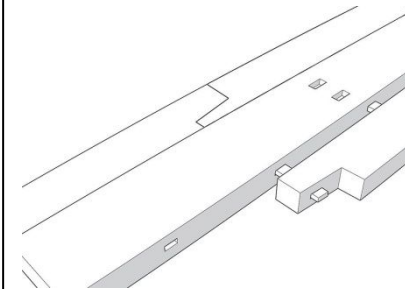
元寇の頃の発掘船 Dalido ship



発掘船を基に復元し航行する高麗船



木釘で外板を連結

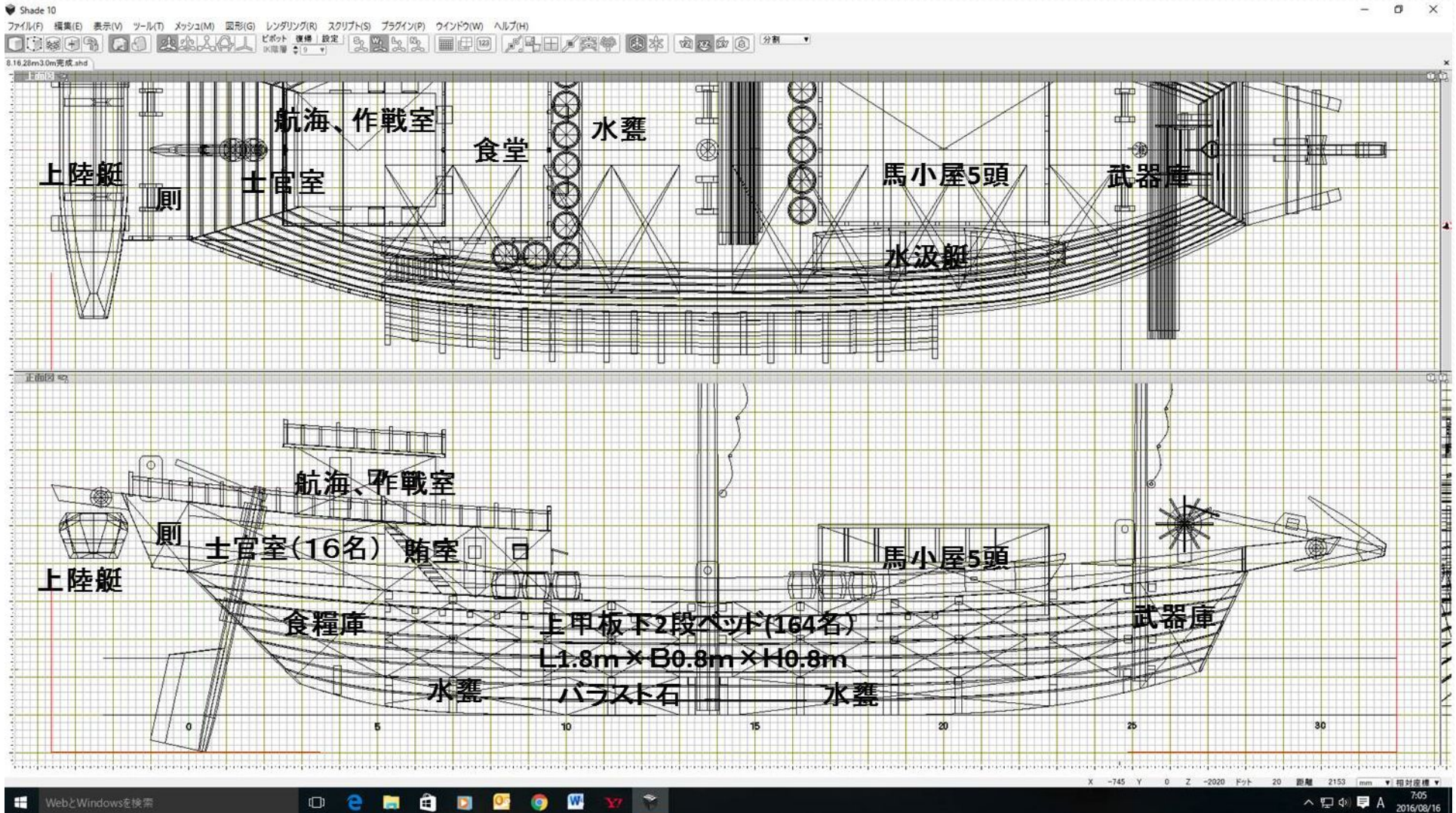


蒙古軍船設計時の類似船参考資料 (カッコ内はオリジナルデータからの推定値)

| 船種 | 浪華丸 (復元船) | 白山丸 (復元船) | みちのく ジャンク (復元船) | 木造 機帆船 | 遣唐使船 | 琉球進貢船 | 南宋 蓬萊1号 | 高麗発掘船 ポンレ3号 | 高麗建造 軍船 |
|---------------------|--------------|----------------|-----------------------|-----------|----------|---------------------|------------------|------------------|------------|
| 年代 | 江戸中期 | 江戸中期 | 平成 | 昭和 | 8世紀 | 17世紀 | 14世紀 | 14世紀 | 13世紀 |
| 船型 | 菱垣廻船 | 北前船 | ジャンク | 丸底型 | 平底型 | 丸底型 | 丸底型 | 平底型 | 平底型 |
| 上甲板長(m) | 28.9 | 23.75 | 21.9 | 30.7 | 30 | 30.7 | 32.2 | 28 | 28 |
| 全幅(m) | 8.00 | 6.46 | 5.12 | 6.75 | 8 | 8.5 | 6 | 8 | 9 |
| 深さ(m) | 2.4 | 2.26 | 2 | 3.11 | (3.5) | 7 | 2.6 | (3) | 3 |
| 満載喫水(m) | 2.16 | (2.03) | (1.8) | 2.55 | (2.2) | 3.2 | 1.8 | (2) | 1.8 |
| 乾舷(m) | 0.24 | 0.23 | 0.2 | 0.56 | (1.3) | 3.8 | 0.8 | 1 | 1.5 |
| 満載方形係数 | 0.42 | (0.42) | 0.66 | 0.62 | (0.61) | 0.41 | (0.53) | (0.59) | 0.52 |
| 満載重量(t) | 166.7 | (102) | 101.2 | 288 | (300) | 266.3 | | | 244 |
| 船体重量(t) | 88 | 50 | 53.5 | 147.6 | (150) | 121 | | | 154 |
| 載貨重量(t) | 78.7 | (51.9) | 47.7 | 140.4 | 150 | 145 | | 160 | 90 |
| 空荷重量/満載重量 | 0.53 | (0.49) | (0.53) | 0.51 | (0.50) | (0.45) | | | 0.63 |
| 帆面積 | 380 | 268 | 100 | | | | | | 206 |
| 水線長/水線幅 | 2.95 | 3.07 | 3.18 | 3.91 | (3.41) | (2.74) | (4.88) | | 3.21 |
| 上甲板長×(幅+深) | 301 | 207 | 156 | 303 | (345) | (476) | (277) | (308) | 336 |
| 帆面積/満載重量2/3乗 | 12.52 | 12.26 | 4.60 | | | | | | 5.3 |
| 帆面積/表面積係数 | 1.26 | 1.29 | 0.64 | | | | | | 0.61 |
| 構造木材量m ³ | (176) | (100) | (107) | (275) | (290) | (226) | | | 234 |
| 木材比重 | (0.50) | (0.50) | (0.5) | (0.5) | (0.5) | (0.5) | | | 0.65 |
| 木材重量 t | 88.0 | 50.0 | (53.5) | (137.6) | (145.0) | (113.0) | | | 152.1 |
| データ出典 | 日本財団電子図書館 | 佐渡博物館 白山丸資料 | みちのく北方漁船博物館 | 日本船舶収集橋本 | 奈良平城京歴史館 | 日本海洋工学会論文 東海大川邊博 | 中国船級研究所 中国古船察 | 国立海洋遺物展示館 金聖範 | 推定設計 |

蒙古軍船諸元と居住区概念図

上甲板長さ28m × 上甲板幅9m × 喫水幅8m × 深さ3m × 喫水1.5~2m × 舵下最大喫水2.5~3m、兵士120名、船員60名、軍馬5頭、上陸艇1隻、水汲艇1隻、食料、水、バラスト搭載 これらから軍馬は合計500~1000であり、勇猛な蒙古騎馬軍団でなく蒙古、漢、高麗の寄せ集め歩兵部隊であったことが判る。



文永の役：蒙古將軍船CG1
(蒙古襲来絵図10段には將軍乗船は帆柱が白と記載されている)



7-14. 蒙古軍船一点錨泊図と風圧力

1) 風圧力 R_w : 日本航海学会第26回講演会風圧式、係数は旅客船

喫水1.5m時の前面風圧面積 $68m^2$, 側面風圧面積 $141.4m^2$

風速: $U(m/s)$ 、船長さ: $l(m)$ 、風圧中心距離: $a(m)$

風向角度: $\theta(度)$ 、合力方向角度: $\phi(度)$ 、

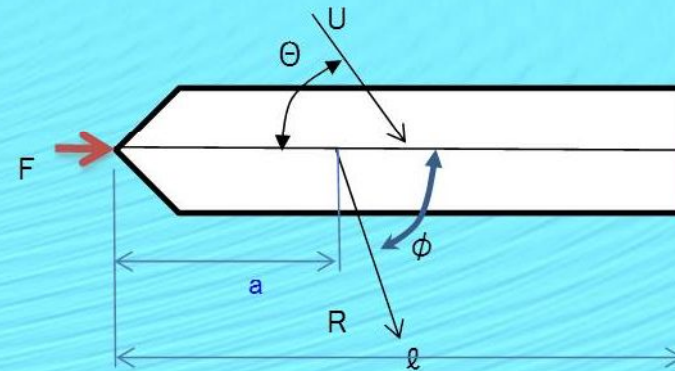
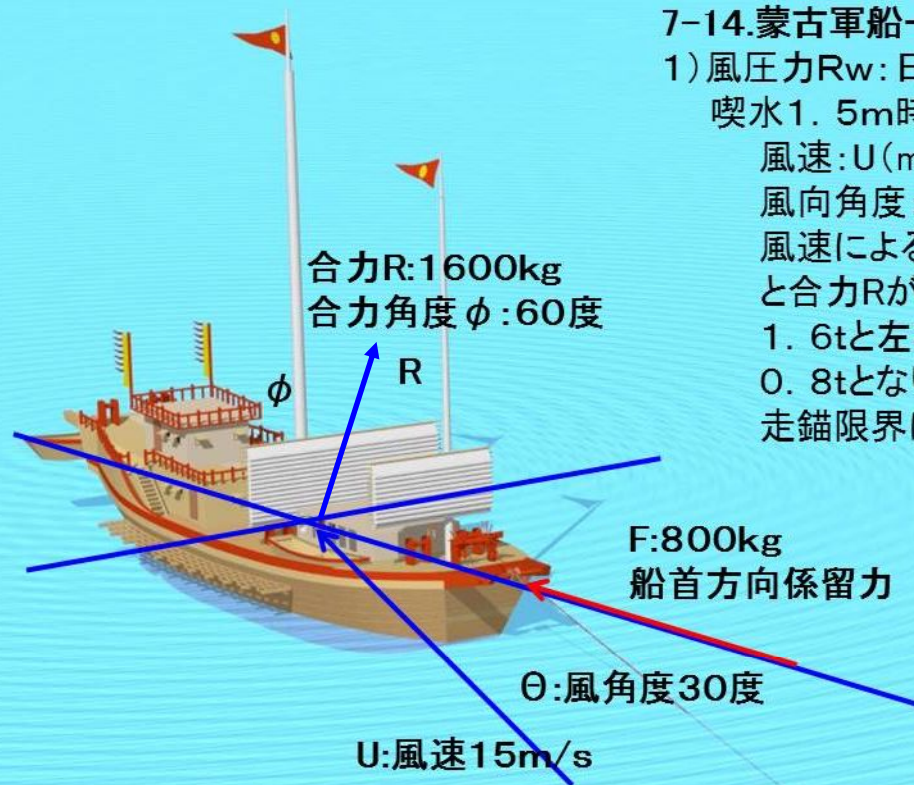
風速による船首方向風荷重: $F(kg)=R \cdot \cos\phi$ となり、風が偏向すると

合力 R が大きくなり、風速15mで $\theta:30度$ では $\phi:60度$ となり $R:$

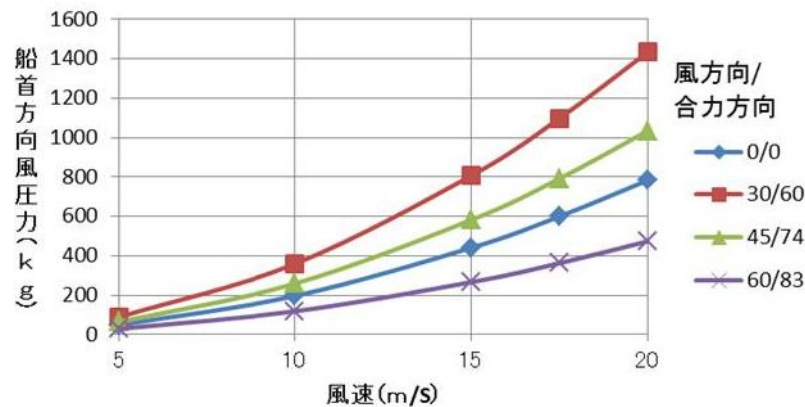
1.6tと左右に大きく振り回される。この時の船首方向風荷重 F は

0.8tとなり、錨の保持力がこれを超えると走錨する。蒙古軍船の

走錨限界は錨1個では風速約15mとなる。



船首方向風圧力: 風方向、合力方向、風速別



蒙古軍船錨泊時の潮流力、波力、組み合わせ外力

- 1) 風荷重は前記
- 2) 潮流荷重 R_c (kg): 潮流角度: θ (真船首0度)、潮流速度: V (ノット)、潮流力に関しては船首方向は小さいが、横方向が最大となる。

- 3) 向波時の波力 R_w (kg)
バージ型波漂流力係数を使用
波長: λ (m)、波高: H (m) 別波漂流力 (kg) 比較的の短い波では波高が2m位になると波漂流力は2~4t位となり、錨泊は困難、ただし波長が長くなると小さくなる。通常は不規則波であり、本図の約60%となる。

4) 組み合わせ外力

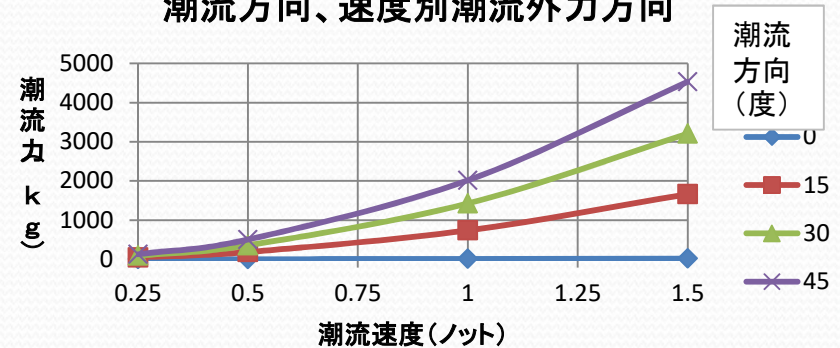
上記検討からは、風速15m/sにて船首から30度、合力方向は60度の船首方向風荷重は800kgとなり現在の錨1個の「は駐力」とほぼ同じとなり、走錨ギリギリである。

潮流荷重は潮流0.5ノット、方向は船首とすれば荷重は少ないが風速のみで走錨する。

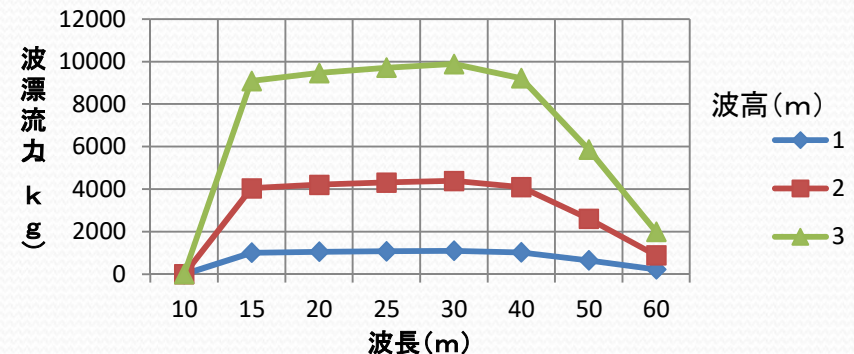
波力: 波高は当初は0.5mとすれば波力は小さいが、強風が吹き始めるとだんだん波高が高くなり波高2mで波長40mの波が船首方向からくると、規則波で4t、不規則波でも2t近くの波力が加わり、錨では止められない。

壱岐での遭難は、錨泊中夜中に風速15m/sが吹き出し、錨の増し打ちの準備や、出港準備しているうちに、走錨し、座礁、そのうち波高が高くなり陸や崖に触れ損傷、大破したと考えられる。

潮流方向、速度別潮流外力方向

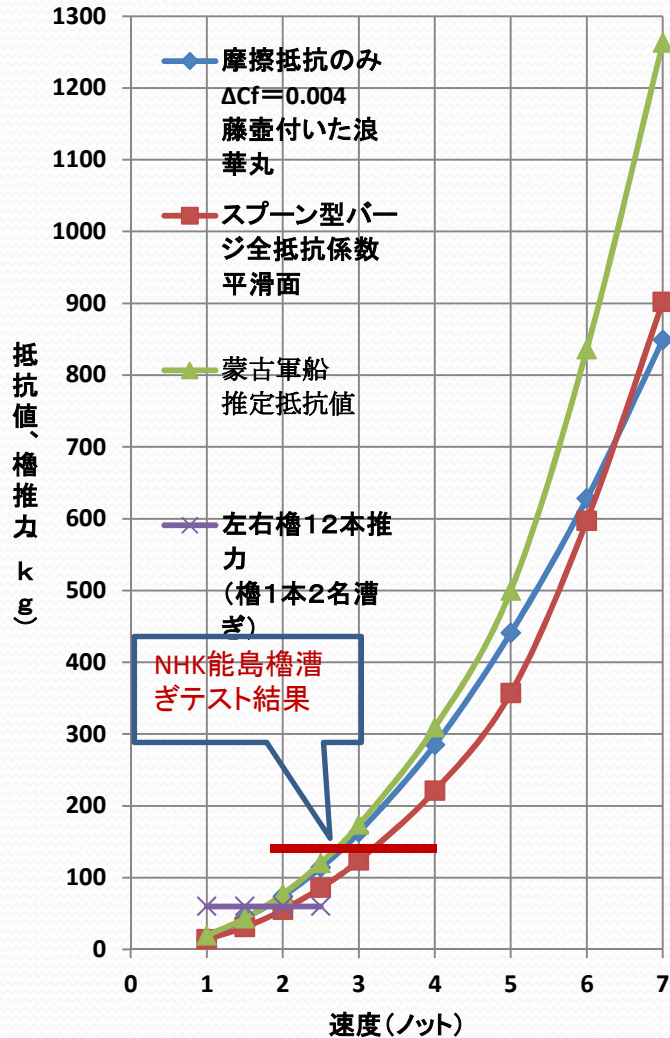


向波時の波漂流力(規則波中)



蒙古軍船の抵抗と速度、櫓速力

蒙古軍船抵抗推定



蒙古軍船の抵抗と速力推定

1. 3.0m級では1~4ktの低速域は大部分が摩擦抵抗であり、浸水表面積から計算した青色①摩擦抵抗値。但し表面粗度修正係数 (ΔC_f)は浪華丸帆走試験時10mm厚の藤壺が全面に付いたデータ0.004を使用時の摩擦抵抗値、摩擦抵抗のみでは5ノット以上は造波抵抗が大きくなり誤差が大きい。
2. 赤色②は排水量230tのスプーン型バージ(平滑面)の全抵抗係数からFn数、排水量ベースで修正算出した平滑面抵抗値、緑③は表面粗度修正として1.4倍した蒙古軍船の推定抵抗値を示す。5ノット位から造波抵抗が急増しているのが判る。
3. 上記より、③蒙古軍船が追い風で5ノットで航走するには、約500kgの帆の推力が必要となる。
4. 蒙古軍船の帆面積は主帆、前帆で206m²、風速と船速比が0.35とすれば、追い風16ノットで5ノット航走時、帆の抗力係数や船体の風圧面積を考慮すれば、帆推力は超概算約500kgの推力が得られ、左図の5ノット時の抵抗とバランスする。
5. 櫓推力は1本2(1)名漕ぎにて約5(11)kgと推定、12~14本で約60~70(143)kg位と推定され、速力は約2(2.7)ノット(3.7(5)km/h)程度と推定。(赤字はNHK能島小早船櫓漕ぎテスト結果による修正値を示す)
6. 櫓推力データは第48回東京商船大学学術講演会から一人櫓の実験データからの推定値。本実験は船が停止時であり、速度が増すにつれて推力と左右力は減少してゆくが、速度域が狭く一定とし算出。

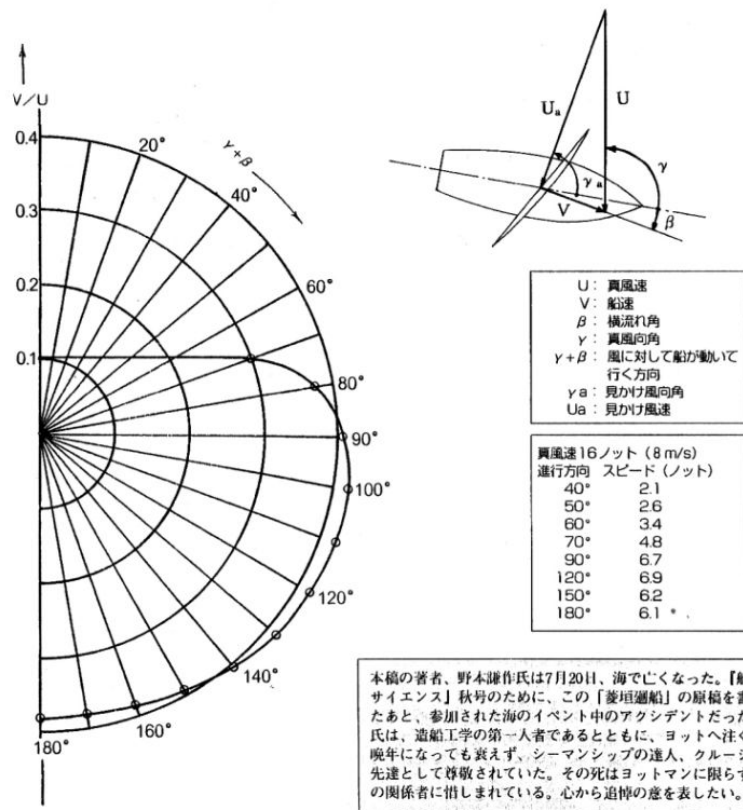


図4 浪華丸の帆走性能

蒙古軍船の帆走速度 (船と海のサイエンス)

- 左図は復元された千石船浪華丸の帆走性能図、帆走速度は U :風速、 V :船速にて V/U 比により 帆走速度が算出可能、浪華丸は90度横風では風速の40%の速度が出て風速16ノット(8m/s)にて6.4ノットとなる。
- 蒙古軍船では帆面積が浪華丸より小さく、船体抵抗が浪華丸より大きいため帆走性能は低下するが
 追風時: V/U 比を0.3とすれば
 風速16ノットにて4.8ノット
 斜め追風時: V/U 比を0.3とすれば
 風速16ノットにて4.8ノット
 横風時: V/U 比0.3とすれば
 風速16ノットにて4.8ノット
 と推定され、追風、斜め追風、横風の風速16ノット(8m/s)にて約5ノット弱(時速9km)で航走できたと思われる。

7-20.蒙古軍船のハイドロデータ、復原力、揺れ周期

- 下図に蒙古軍船の線図から作成したハイドロデータを示す、設計時に一番重要なデータであり、容積、排水量、積荷量、復原性から抵抗、風圧による傾斜、揺れの固有周期、その他計算のベースとなる。
- 上甲板長さ28m、水線長さ25.2、上甲板幅9m喫水部幅7.85m、空船重量153t、載貨重量90t、満載排水量243tにて喫水1.8m、復原力の目安であるGM値は1mあり、帆船として問題のないレベルである。舵下最大喫水は2.8mとなる。

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 喫水d(m) | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2 | 2.1 | 2.2 |
| 排水量W (t) | 176.9 | 193.2 | 209.8 | 226.6 | 243.8 | 261.2 | 278.9 | 296.7 | 315.1 |
| 方形係数 C b | 0.489 | 0.499 | 0.508 | 0.516 | 0.524 | 0.532 | 0.54 | 0.547 | 0.555 |
| 柱状係数 C p | 0.657 | 0.665 | 0.672 | 0.678 | 0.684 | 0.689 | 0.694 | 0.699 | 0.703 |
| 浸水表面積S(m ²) | 196.3 | 202.6 | 208.9 | 215.1 | 221.4 | 227.6 | 233.9 | 240.2 | 246.4 |
| 水線面積Sw(m ²) | 157.7 | 160.4 | 163.1 | 165.8 | 168.6 | 171.2 | 174 | 176.7 | 179.4 |
| 横メタセンターKM(m) | 3.77 | 3.69 | 3.63 | 3.59 | 3.56 | 3.54 | 3.54 | 3.54 | 3.54 |
| 縦メタセンターKLM(m) | 44.6 | 42 | 39.8 | 37.9 | 36.3 | 34.8 | 33.4 | 32.2 | 31.2 |
| 毎センチ排水量(TPC) | 1.62 | 1.64 | 1.67 | 1.7 | 1.73 | 1.76 | 1.78 | 1.81 | 1.84 |
| 毎センチトリムM(MTC) | 2.77 | 2.84 | 2.92 | 3 | 3.07 | 3.14 | 3.22 | 3.3 | 3.37 |
| GM値(KG=2.56m時) | 1.21 | 1.13 | 1.07 | 1.03 | 1 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| 横揺れ周期(秒) | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.7 | 6.8 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.9 |
| 横揺れ同調波長(m) | 60 | 64 | 67 | 70 | 72 | 74 | 74 | 74 | 74 |
| 縦揺れ周期(秒) | 2.59 | 2.68 | 2.75 | 2.83 | 2.89 | 2.96 | 3.03 | 3.09 | 3.14 |
| 縦揺れ同調波長(m) | 10.5 | 11.2 | 11.8 | 12.5 | 13.0 | 13.7 | 14.3 | 14.9 | 15.4 |
| 上下揺れ周期(秒) | | | | | 2.92 | | | | |
| 上下揺れ同調波長(m) | | | | | 13.3 | | | | |

縦揺れ時固有周期推定の環動半径は通常船は0.25Lであるが、帆が2本あり0.3Lとやや大きくした。

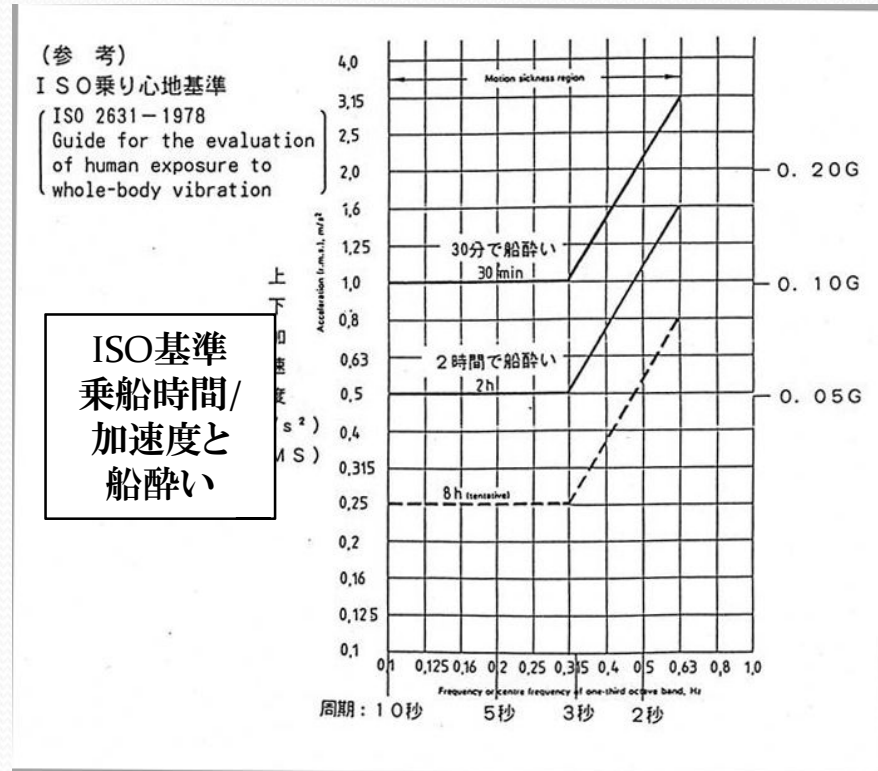
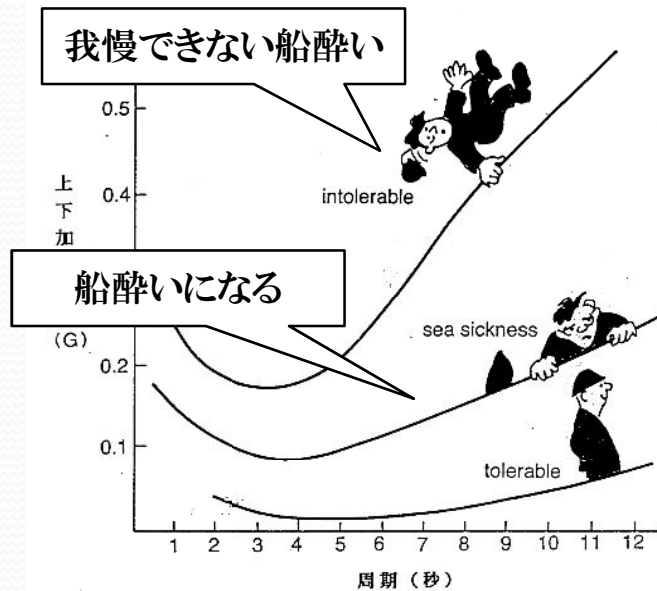
7-21.蒙古軍船の空船重量、載貨重量、満載排水量推定

- 空船重量は図面から木材容積を算出し、木材比重は赤松とし、乾燥比重は0.56であるが生木は約1であり、平均比重は0.65と仮定し算出、構造、艀装含め約153t、載貨重量は下記から90tで合計の満載排水量は243tとなり、喫水1.8m程度で舵下の最大喫水は2.8mとなる。
- 貨物船として陶磁器や銅銭を搭載し載貨重量は126t位は可能で最大喫水2m、舵下最大喫水は3m。
- 載貨重量は下表参照、約90tと見積もった。飲料水は水2L/名/日で15日分、馬水20kg/頭/日とし、船底の水甕と、上甲板上の水甕を搭載、食料は30日分とし、輸送部隊に補給用の食料、水、武器を搭載。

| 蒙古軍船Dw算定 | 単重t | 数 | 航海日数 | 搭載重量 |
|----------------|--------|-----|------|------|
| 人員 | 0.06 | 180 | | 10.8 |
| 馬 | 0.35 | 5 | | 1.75 |
| 食糧2.5kg/名/日 | 0.0025 | 180 | 30 | 13.5 |
| 水2L/名/日 | 0.002 | 180 | 15 | 5.4 |
| 馬水20kg/頭/日 | 0.02 | 5 | 15 | 1.5 |
| 武具兵器120kg/名 | 0.12 | 120 | | 14.4 |
| 上陸用バトル船 | 1 | 1 | | 0.8 |
| 水汲み船 | 0.8 | 1 | | 0.6 |
| てつほう6kg/個 | 0.006 | 60 | | 0.36 |
| その他、食器、薪、倉庫品 | | | | 20 |
| 上甲板水甕200Lx20個 | 0.2 | 20 | | 4 |
| 上甲板水甕水200Lx20個 | 0.2 | 20 | | 4 |
| 船底部水甕200Lx20個 | 0.2 | 20 | | 4 |
| 船底部水甕水200Lx20個 | 0.2 | 20 | | 4 |
| 固定バラスト, | 0.1 | 20 | | 10 |
| ビルジ水 | | | | 1.79 |
| Dw合計 | | | | 90 |

蒙古兵は船酔いで体力が低下していた

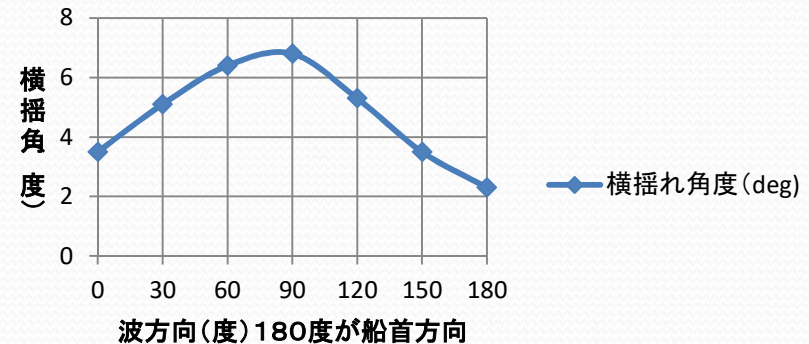
- 人間は傾斜を感知する耳石と回転を感知する三半規管があり、これらはスマホの3軸傾斜計や加速度センサーと同じ機能をはたし、人間の傾斜や回転を感知し、脳に信号を送り筋肉を制御している。このため耳石や三半規管は自律神経系と連絡しており、乗りものなどで人体が加速度を受けると、影響を受け、気分が悪くなったり、吐き気、嘔吐を催し、食欲が減退するなどの影響がある。
- 周期が短い振動(0.5~80HZ)と周期の長い動揺(0.1~0.5HZ)の2種類があるが、周期の長い、動揺の方が気持ちの悪くなる人が多い。
- 右下図は1時間乗船時の上下加速度と周期別の嘔吐率を示し、周期4~5秒付近で多く生じ、0.1g位から船酔いする。これらから揺れ周期が大きく関係し、自動車など揺れ周期の短い振動に近い1秒以下では、乗り物酔いは少ないが、周期の長い船の揺れは多くの方が船酔いになるのである。
- 蒙古軍船の通常航海では加速度が船酔い状態にある。



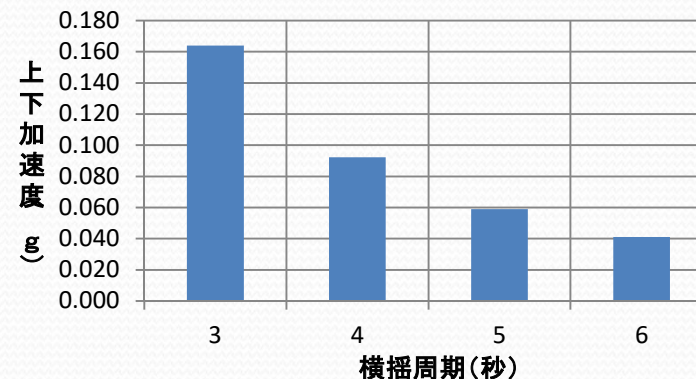
蒙古軍船の周期と加速度

- 船の揺れは基本的には波周期で揺れる、しかし遭遇する波周期と船の固有周期が近くなると同調して波傾斜角より大きく揺れる。縦揺れなどは進行速度と波方向によって大きく変わり、出会い周期が重要となる。
- 上下加速度の大きさは揺れ角に比例し、揺れ周期の2乗に反比例するため、揺れ角度より揺れ周期が短いと加速度は大きくなる。
- 蒙古軍船の各揺れの固有周期は横揺れ(ローリング)は6.6秒(同調波長72m、縦揺れ(ピッチング)は2.9秒(同調波長13m)、上下揺れ(ヒービング)は2.9秒(同調波長13m)と推定される。
- 対馬海峡の11月の平均有義波高は1.1m、波周期は6秒(波長56m)であり横揺れは同調域にある。
- 上右図は蒙古軍船の横揺れ特性と波高1m時の波スペクトラムから算出した船速3ノット時の波方向別横揺れ角度を示し、横波で7度、向波で4度、追波で2度揺れる。
- 左下図は横揺れ7度時の周期別上下加速度、右下図は縦揺れ角度別の上下加速度を示し、これらから蒙古軍船は航海中、風以外は船酔い状態にあると判断される。
- 縦揺れは航走中だと固有周期と波の出会い周期によって異なり、出会い周期が波周期に同調すると揺れるが、縦揺れは同調しても、ダンピングが大きく波傾斜角より大きくは揺れない。しかし縦揺れは周期が短く、加速度が大きくなるので、追波以外では通常航海で横揺れより船酔いが生じやすく、蒙古軍船は航海中ほとんどが船酔い状況となる。

蒙古軍船波高1m中の横揺れ角度(度):
横揺れ周期5.8秒、船速3ノット時

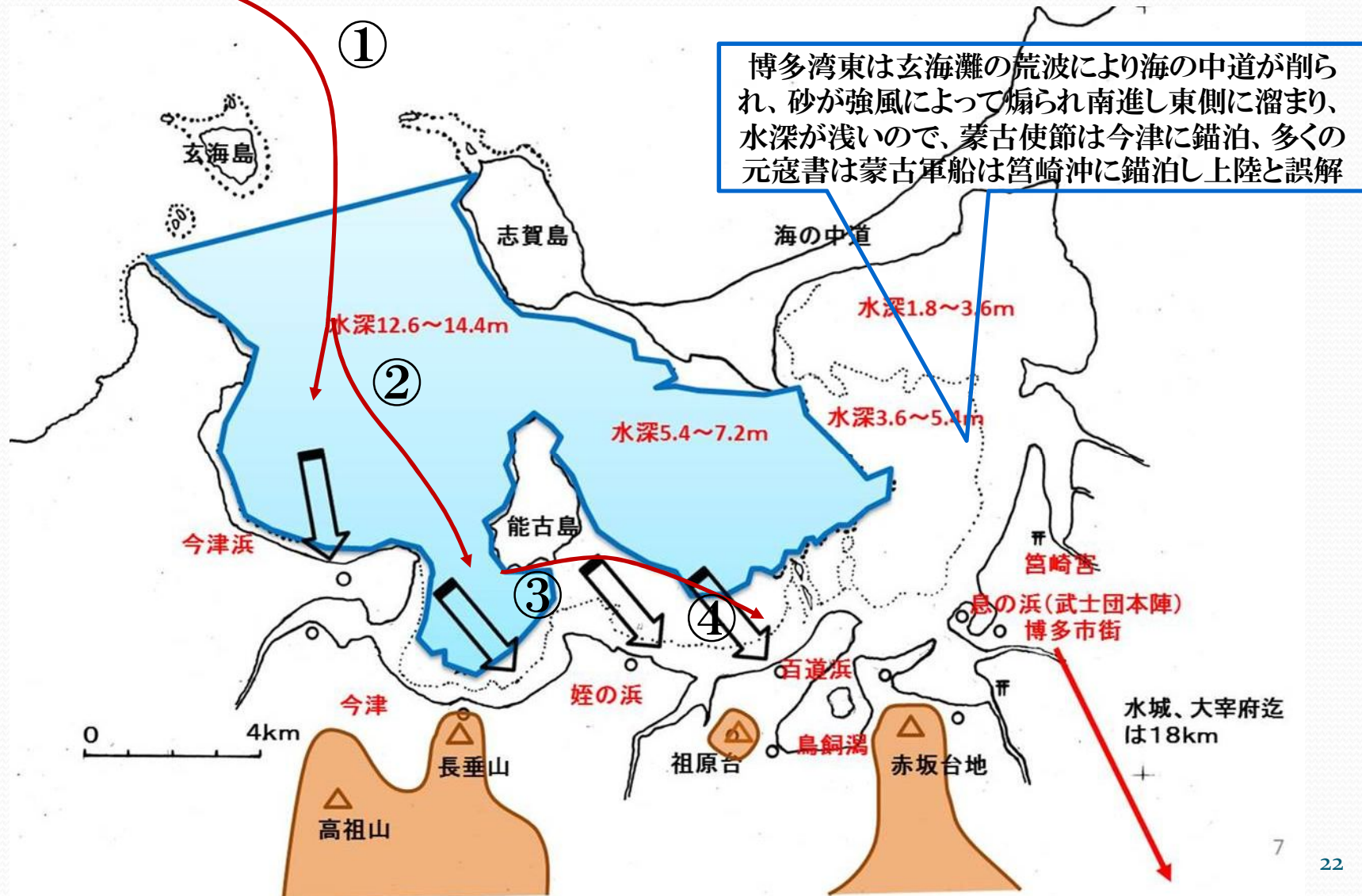


蒙古軍船横揺れ7度時の
横揺れ周期別上下加速度



蒙古軍船の侵入コース

- 蒙古軍船の博多湾侵入コースと時間を推定すれば①午後2～3時に玄海島の東水道を通り、今津浜手前で縮帆し、櫓で10km先の今津浜沖に進み、②午後6時までは300隻が今津浜沖に投錨し仮泊、夜12時ごろ月が上がり夜間視界が可能となった所で、櫓で③今津湾、さらに姪浜、④今津浜沖から11km先の百道浜に朝4～5時に到着し投錨、朝6時に揚陸を開始したと考えられる。

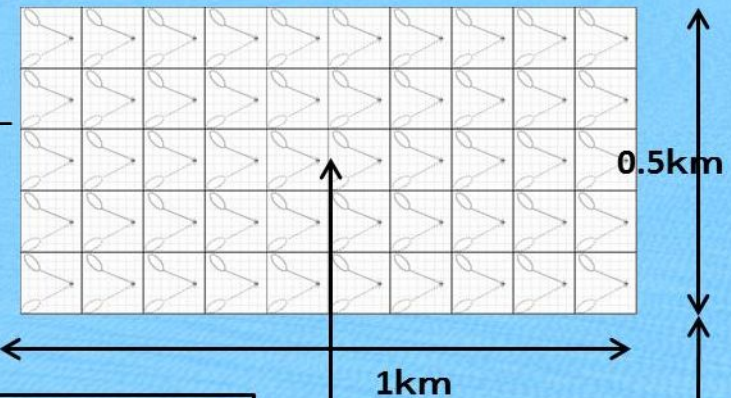


文永の役：百道浜蒙古軍船船団50隻係留図



蒙古軍船50隻(10隻×5列)の船団錨泊位置 と必要面積、陸までの距離の関係

錨爪が海底を搔き、錨を効かすためには、錨桿を水平に引く必要があり、錨索の場合、水深の5～6倍の錨索が必要、水深8mの場合錨索長さは60mで約10.4度を引っ張ることになる。船は潮や風で錨を中心として振れ回るので単錨泊では船同士がぶつかったり錨索が絡まないためには、30m級1隻につき最低約100m四角の広い海面が必要。錨索の場合は、引張り力がかかるとトート状態となり、走錨するので長い錨索を使用するがある。ヨットでは錨索に錨鎖を数mつけて、錨桿の浮き上がりを防ぎ走錨を防止する。



平均距離が1.25kmあり
軍船の兵士、軍馬、兵站を
揚陸するためには上陸艇
で十数回の往復が必要と
なり、全部隊揚陸は長時間
かかる

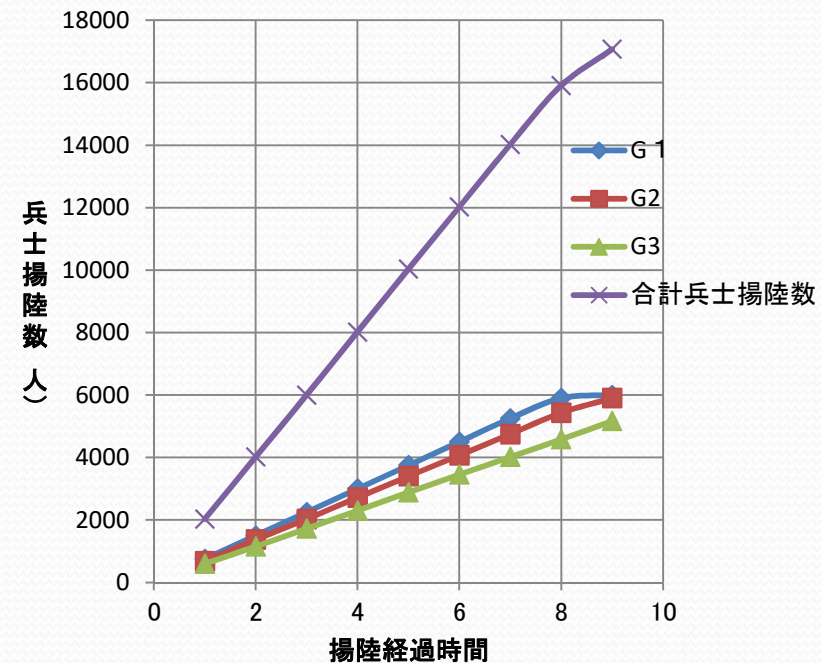
百道浜

9-10. 蒙古軍船のG1、G2、G3、各50隻、3グループ150隻の揚陸時間

- 9-9では50隻単位の揚陸時間であるが、百道浜沖に停泊した蒙古軍船の150隻を蒙古軍の主力とし、1万7千名の蒙古軍の百道浜への揚陸人員と揚陸時間を検証する。下左表と下右図は時間別、各グループと合計兵士の揚陸数を示す。
- 例えば、6時から揚陸開始し、7時では約2000名、8時で4000名、9時で6000名、10時で8000名、12時の6時間後でやっと12000名である。
- 蒙古軍は軍船別の部隊編成であり、1隻の軍船の全員と軍馬、兵站揚陸は10時間もかかり、1隻の軍船の全員揚陸を待っていると、進撃が遅れるので、他船の上陸艇が揚陸するたびに、広い砂浜で兵士、軍馬、兵站を再編成し進軍する必要がある。当時の通信手段も旗と鐘や太鼓程度であり、広い砂浜で各上陸艇の上陸に合わせて部隊の再編成は非常に時間がかかる。進軍開始までは実質1時間以上はかかるので進軍開始は8～9時頃と想定される。

| 時間 | G1 | G2 | G3 | 合計兵士揚陸数 |
|----|------|------|------|---------|
| 1 | 750 | 680 | 600 | 2030 |
| 2 | 1500 | 1370 | 1150 | 4020 |
| 3 | 2250 | 2030 | 1720 | 6000 |
| 4 | 3000 | 2720 | 2300 | 8020 |
| 5 | 3750 | 3400 | 2880 | 10030 |
| 6 | 4500 | 4070 | 3450 | 12020 |
| 7 | 5250 | 4750 | 4020 | 14020 |
| 8 | 5900 | 5430 | 4580 | 15910 |
| 9 | 6000 | 5900 | 5170 | 17070 |

G1,G2,G3合計兵士揚陸数/時間

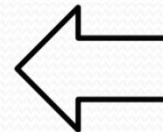
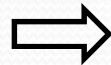


蒙古軍と武士団の戦闘力比較

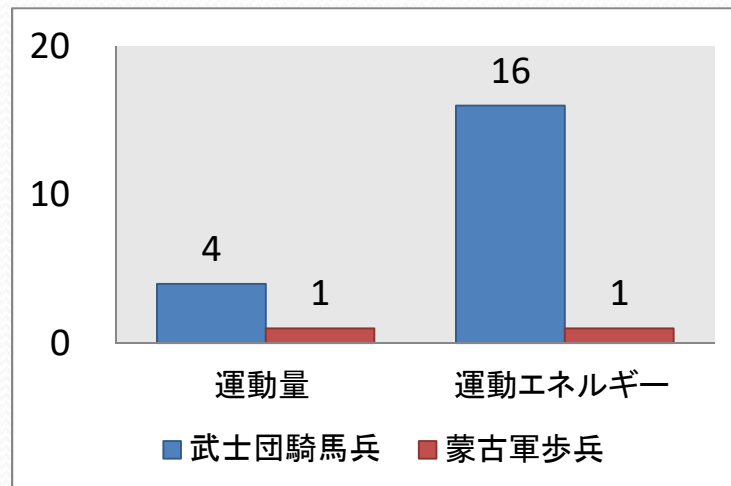
騎馬兵と歩兵の運動量と運動エネルギーの比較。

騎馬速度が歩兵の4倍とした場合、運動量は4倍、運動エネルギーは16倍も大きくなり戦闘では圧倒的に有利となる。

蒙古歩兵突撃の運動量と運動エネルギー
 質量: $M=1$
 速度: $V=1$
 運動量 $= M \cdot V = 1$
 運動エネルギー $= 1/2 \cdot M \cdot V \cdot V = 0.5$



武士団騎馬突撃時の運動量と運動エネルギー
 質量: $M=1$ (馬質量不含)
 速度: $V=4$
 運動量 $= M \cdot V = 4$
 運動エネルギー $= 1/2 \cdot M \cdot V \cdot V = 8$



・ 集団騎馬騎射突撃の恐怖

軍馬重量を参入すると運動量は歩兵の19倍、運動エネルギーは38倍にもなり、騎馬兵が圧倒的に有利である。戦場では大軍団の騎馬鎧武者が、ひずめの音やいななきの迫力ある大音量と砂塵とともに矢を放ちながら突進してくると、蒙古歩兵は集団戦どころではなく、逃げ惑ったと思われる。

古今東西の戦では、陣形が破られると防御力が著しく低下し、負け戦となる事が多く、陣形保持は最重要である。集団騎馬突撃は蒙古軍陣形を突破するに有効であったと考えられる。

武士団集団騎馬突撃時の検証

| 100騎の武士団集団騎馬隊が300名の蒙古軍陣へ突撃時の騎馬隊損害 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 蒙古部隊300名部隊構成 | | |
|---|---------|---------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------|-------|---|-----|-----|--------------|-------|--|
| ← 蒙古軍陣地巾 135m とし矢兵は25%で75名、槍矛兵は145名、指揮、銅鑼、太鼓兵、兵站兵で80名 → | | | | | | | | | | | | | | | 300 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 80 指揮、銅鑼、太鼓、兵站兵 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 145 槍矛兵 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 75 矢兵 | | | | | | | |
| 150m | 距離 | 50m | 120m 22s | | | | | | | | | | | | 矢9秒毎に発射 | | | 発射率 | 発射数 | | | |
| | 時間 | 9秒 | 20km/h | | | | | | | | | | | | 矢総数 | 75 | 1 | 75 | | | | |
| | 矢が前方、側方 | | 5.6m/s | | | | | | | | | | | | 被害確率B | 15 % | | | | | | |
| | 被害 | 15%、13騎 | | | | | | | | | | | | | 被害数 | 13 騎 | | | | | | |
| | 距離 | 50m | 70 m 13s | | | | | | | | | | | | 矢9秒毎に発射 | | | 発射率 | 発射数 | | | |
| | 時間 | 9秒 | 20km/h | | | | | | | | | | | | 矢総数 | 75 | 1 | 75 | | | | |
| | 矢が上方 | | 5.6m/s | | | | | | | | | | | | 被害確率B | 7.5 % | | | | | | |
| | 被害 | 7.5%、7騎 | | | | | | | | | | | | | 被害数 | 7 騎 | | | | | | |
| | 距離 | 50m | 20 m 4s | | | | | | | | | | | | 矢9秒毎に発射 | | | 発射率 | 発射数 | | | |
| | 時間 | 9秒 | 20km/h | | | | | | | | | | | | 矢総数 | 75 | 1 | 75 | | | | |
| | 矢が上方 | | 5.6m/s | | | | | | | | | | | | 被害確率B | 3.8 % | | | | | | |
| | 被害 | 3.8%、4騎 | | | | | | | | | | | | | 被害数 | 4 騎 | | | | | | |
| 突撃開始点 | | 150m | 騎馬隊100騎 | | | | | | | | | | | | | | | | | 当初騎馬数 | 100 騎 | |
| | | | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | ① | | |
| | | | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | ② | | |
| | | | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | ③ | | |
| | | | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | ④ | | |
| | | | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | ⑤ | | |
| | | | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | ⑥ | | |
| | | | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | ⑦ | | |
| | | | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | ⑧ | | |
| | | | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | ⑨ | | |
| | | | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | ⑩ | | |
| | | | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | ⑪ | | |

歩兵の郎党は
100名が時速7kmで
騎馬に続き突進後
白兵戦

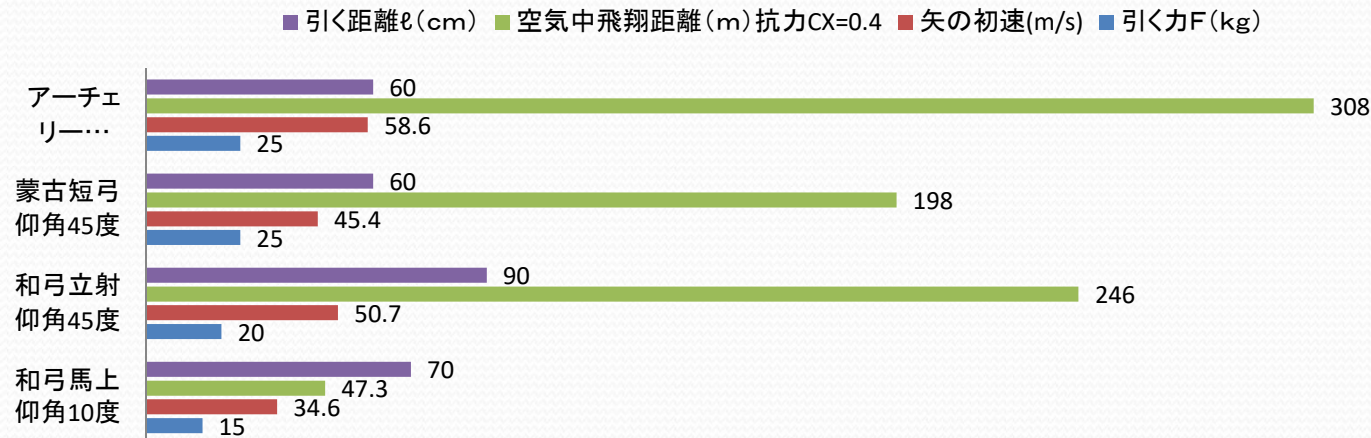
騎馬隊は5m平方に
一騎として時速20km/h
秒速5.6m/sにて突撃
突撃開始は150m地点
蒙古陣地突入時
被害合計24騎
残存騎馬76騎で突入



和弓(長弓)と蒙古短弓の飛距離比較

- 和弓は蒙古弓に比べ飛距離が短い説があり検証した。(武術の科学—サイエンスアイ新書、吉福康郎)
- 弓矢の飛距離は引力と引く長さによって弾性エネルギーと初速が決まり、初速と仰角で飛距離が決まる。引力は弓幅と厚さの二乗に比例するので、弓の厚さが重要。下図にアーチェリー、蒙古短弓、和弓の引力と距離から弓の弾性エネルギーや初速を推定、飛距離を検証した。引力は当時の和弓でも3人力などがあり、引力を15~25kgとして飛距離を算定、下図に示す。和弓は厚さは薄いですが弓が長く、引く距離が長く蒙古弓より飛ぶ。
- 江戸時代の三十三軒堂の通し矢は200m先の的を射抜く競技で名人級では60~70%の的中率。和弓の矢の重量は大鎧を射抜くため重く60g、蒙古弓50g、アーチェリー30gと推定し算定した。
- 現代和弓で遠的で60m、近的で28m、引力は24kg位で約90cm引く、近的で高段者の命中率は95%位。
- 蒙古弓は木に馬の腱などを貼った合成弓である写真では厚さが大きく引力が大きいが長さが短く、引く距離が短く左につがえ、顔の前迄で狙いやすく、速射、水平打ちも可能で和弓より操作が簡単であり実用性に優れている。しかし福岡の元寇資料館に展示してある蒙古弓は小さく、幅は和弓よりやや広いが厚さも薄く、この弓では飛距離はかなり短く、和弓の馬上の騎射並みと思われ、毒矢にする必要があったのかもしれない。
- 和弓は右につがえ引く距離が長く、発射時の弓返しなど命中させるのはかなりの鍛錬が必要であるが、鍛錬した武士なら蒙古弓と同等と思われる。

和弓、蒙古短弓の引力、初速、飛距離比較



大鎧の防御力

当時の大鎧は矢の防御用であり、重量が約30kgと重く、兜のしころ、胴丸、大袖、草摺りなどは小札構成である。小札は牛皮に膠を十分しみこませ、叩いて固くし、繊維を密にし小札を紐で上下に結び構成、特に胴の前面、大袖、草摺の上部など大切な部分は鉄辺と小札を交互にし防御力を高めていた。

大鎧は矢が当たると大きく撓むので矢が貫通しにくい特徴がある。矢が当たると、これらの変位によって矢の運動エネルギーが消費され、さらに重なった小札に喰いこみ停止するまでの時間によって衝撃力が減衰され小さくなる。

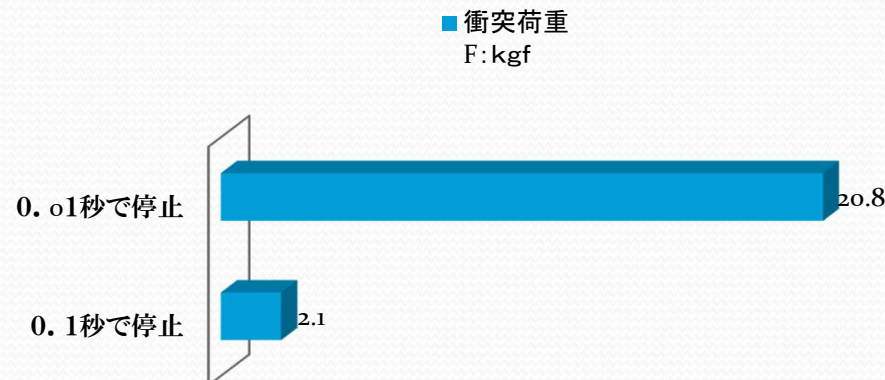
平安時代の騎射では大鎧に対し防御のない顔、鎧の隙間を狙わないと射倒せないとあり、大鎧は毒矢防御にも十分な効果があったと考えられる。

衝突時の衝撃力は、当たった瞬間から停止するまでの時間によって大きく変わり、下図は60gの重さの矢が34m/sの速度で鎧に当たり、その停止時間による衝撃荷重を示し、0.01秒で停止すると20.8kgfもかかるが、0.1秒だと2.1kgfと1/10に減少する。

平家物語の以仁王の乱、宇治橋合戦では浄妙明秀は平家との軍勢と大立ち回りを演じ彼の鎧には63本の矢が刺さっており、裏まで貫通したのは5本でどれも軽傷で済んだとあり、防御力が優れていた(歴史群像2016.8)。文永の役での福田兼重は矢戦で鎧に三本の矢を受け負傷したが、弘安の役でも活躍していることから毒矢に対しても防御力は優れていたと思われる。



矢が鎧に当たり停止時間の差による
衝突荷重F(kgf)の大きさ
(矢の速度34m/s、矢の重量60g)



日本の貨幣経済への扉を開けた日本刀

- 日本刀は平安時代の中期に出現した湾曲した、比較的長く、鋭く良く切れる、日本独特の軟鋼と硬鋼の二重構造の太刀であり、戦場での実用性と共に、仕上げが美しく美術品、工芸品としての価値もあった。このため当時から中国で人気が高く、鎌倉時代、宋に対し硫黄、銅、木材と並んで日本刀が輸出され、明代は日本刀が大量に輸出され明銭を稼ぎ、日本を貨幣経済へ導く一端を担った、当時の日本のハイテク輸出品であった。
- 鎌倉時代の日本刀の製法は判然としないが、刃先が硬鋼、背部分が軟鋼のものが多いとされる。江戸時代の製法は砂鉄からたたらを用いて作った玉鋼を使用した。炭の温度が1200度と低いため完全に溶け切れない玉鋼内の炭素や不純物を除く精錬作業として、刀鍛冶は重量が1/3になるまで折り曲げ叩き作業を延々と繰り返し、炭素が少ない軟鋼を背や側部、炭素が多い硬鋼を芯と刃にした二重構造とし、刃の部分の粘土を塗り焼入れすることによってマルテンサイトの硬い安定した結晶組織を生成しかつ材質の伸縮の違いから、美しいそりが生じ、切れ味の鋭い刀身が出来た。
- 日本刀は細身軽量ながら、振り下ろし相手の剣に当たり、衝撃を受けても弾性があり折れない、世界最強の刀であると共に、美術品として第1級の日本刀を完成させた。この日本刀の鍛鉄技術は日本のものづくりの始まりとなった。外国の刀剣は硬鋼であるため、衝撃で折れないように太く厚く重く、切るより、突いたり、たたき切る剣であるが、日本刀は「そり」によって引き切る太刀筋であり、全く異なる。馬上剣としてはそりがないと衝撃が大きく使えない。

鎌倉時代の刀

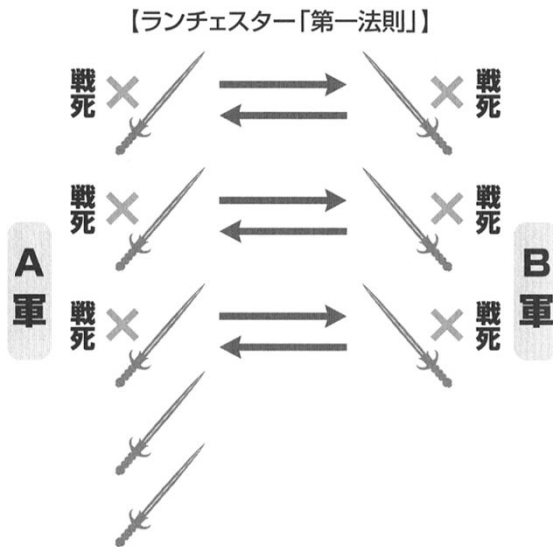


ランチェスター戦略法則

弱者の第一法則(一騎討ち戦法)

兵士数と武器効率の大きいほうが勝利。

兵士数が少ない場合は、騎兵による高速突撃や弱点攻撃、敵を分断し小分けにして戦う。トラファルガー海戦でスペイン無敵艦隊を分断し高速を活かした英海軍や桶狭間の戦いなど。

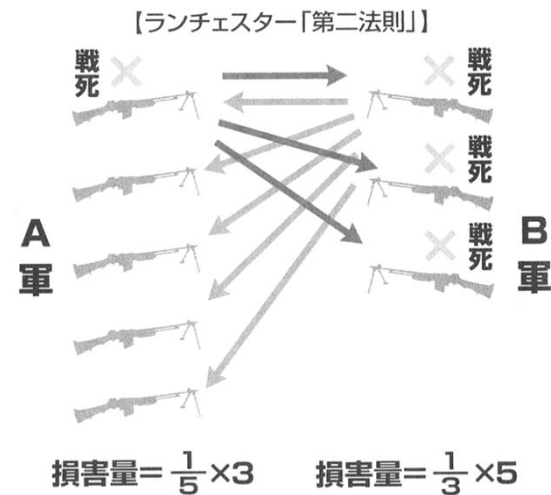


公式 $M_0 - M = E(N_0 - N)$

- M_0 =味方(A軍)の戦闘前の兵力
- M =味方の戦闘後の兵力
- N_0 =敵(B軍)の戦闘前の兵力
- N =敵の戦闘後の兵力
- E =武器効率(交換比)

強者の第二法則(弓矢, 銃による1名が多数に発射)

兵士数の二乗に比例し兵士数が多いほうが圧倒的に有利となる。米軍が多用した戦略、対ゼロ戦や対タイガー戦車に3~5倍以上で戦い勝利した。現代のフォルスクワーゲンや地域40%シェア戦略で勝ち進み、現在のコンビニ地域集中出店戦略等に適用されている。



公式 $M_0^2 - M^2 = E(N_0^2 - N^2)$

- A軍の損害量 = $\frac{1}{5} \times 3$
($\frac{1}{5}$ で当たる攻撃を3人から受ける)
- B軍の損害量 = $\frac{1}{3} \times 5$
($\frac{1}{3}$ で当たる攻撃を5人から受ける)
- A軍の損害量:B軍の損害量 = $\frac{3}{5} : \frac{5}{3}$
= 9:25 ($3^2:5^2$)
- 味方の生き残り = $\sqrt{5^2 - 3^2} = 4$

ランチェスター戦略一次則による博多の戦いシミュレーション

武士団2000名(騎馬1000騎、郎党1000人)

VS蒙古歩兵5000人

武器性能比:武士団2.5、蒙古歩兵1

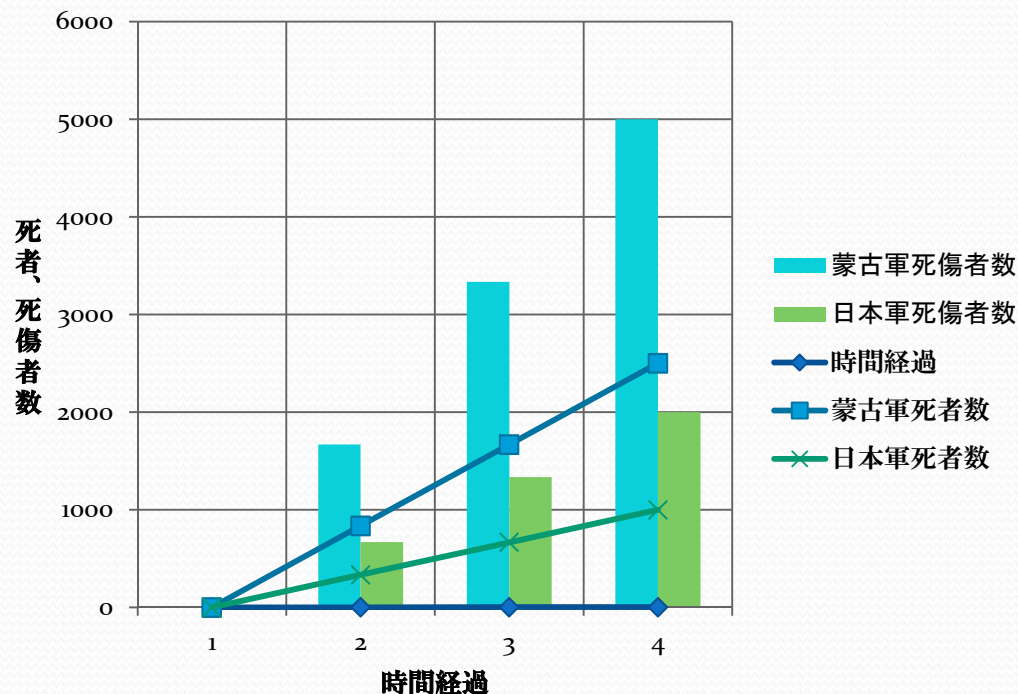
負傷者は死者と同数とし、

死傷者数=兵士数にて終了

武士団の武器効率(武器性能比)は騎馬兵4、歩兵1とした。武士団は騎馬兵と歩兵が同数で武器効率は2.5、一方蒙古兵は歩兵であり武器効率は1であり、武士団は2.5倍の蒙古軍と同じ戦力になる。

武士団騎兵1000騎と郎党歩兵1000名(合計武器効率2.5)が蒙古歩兵5000名(武器効率1)と戦った場合のランチェスター一次則シミュレーションでは互いの死者は同数となる。すなわち騎馬死者260騎と郎党740名の死者で武士団合計1000名の死者。

蒙古軍は2500名の死者で蒙古軍は壊滅。博多の戦いは双方の犠牲者の文献があやふやでよくわからないが、日本側の文献では武士の死者約200人、郎党数知れずとあり、この前提だとほぼ近い数字となる。



博多湾出港と帰路の遭難

博多出航から壱岐、対馬、合浦帰還

船上の会議では官軍整わず矢尽き、さらに北西の季節風が吹き始めると帰還出来ないのでは撤退が決定され、夜中12時以降月が上がり、視界が何とか確保できて残りの兵を収容し、寒冷前線に伴う低気圧が博多に接近、南風が吹き出し、明け方3時位に300隻が櫓をこいで博多湾を出て、帆を上げて順次壱岐に向けて出港した。しかし斜め追い風とはいえ、各船の間隔は最低5艇身は必要で、150mはないと風をうまく受けられない。4列で航海しても船団長さは11km位となる。この時の南風(斜め追風)を16ノット(8m/s)とすれば、速度は5~6ノット位であり約10時間くらいで壱岐に到着する。

往路襲った北西岸は地形や水深が判っており、何より武士団を往路で殲滅しているので安心であり、湯本湾の鯨伏せあたりから到着し、休息、修理、水補給を行ったと推定される。

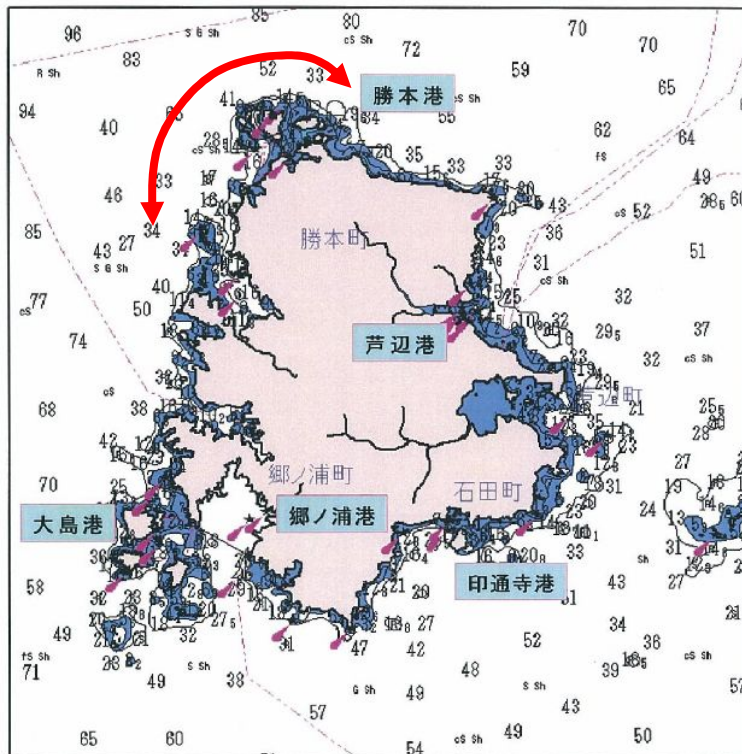
下表は1993~2008年までの10月の福岡の風向と風速を示し、南東風も多いことを示し、南南東で10m/s以上吹く事もあり、この風に乗れば、壱岐迄10時間位で到着する。また11月になると玄海灘の風向を見てもほとんどが北西風になる事が判り、博多出航が遅れると、北西風が吹き始め、帰朝が困難となる事が判る。

結局、博多出航後、合浦に帰還したのは5週間もかかっているのは、逆風と海が荒れ航海できないので、壱岐や対馬で風待ちをしていたのであり、負け戦と報告できないので、嵐にやられたと言い訳し、対馬で子供200人をさらって王妃に献上している。

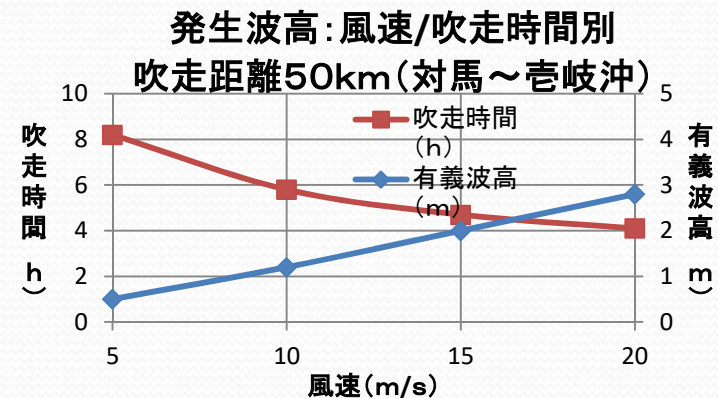
| | 平均風速 (m/s) | 最多風向 | 最大風速 (m/s) | 最大風速 時風向 |
|--------|---------------|------|---------------|-------------|
| Oct-93 | 2.5 | 南東 | 11.6 | 北 |
| Oct-94 | 2.6 | 北 | 17.4 | 南南東 |
| Oct-95 | 2.4 | 南東 | 10.3 | 北 |
| Oct-95 | 2.4 | 南東 | 10.3 | 北 |
| Oct-96 | 2.3 | 南東 | 10.5 | 北 |
| Oct-97 | 2.6 | 南東 | 9.8 | 北北西 |
| Oct-99 | 2.4 | 南東 | 9.2 | 北 |
| Oct-00 | 2.4 | 北 | 11.6 | 南南東 |
| 2-Oct | 2.4 | 南東 | 8.8 | 北 |
| 3-Oct | 2.6 | 南東 | 8.4 | 北 |
| 8-Oct | 2.2 | 南東 | 9.4 | 北 |

帰路壱岐での大量遭難

- 壱岐での錨泊は往路襲撃した壱岐の湯本湾の鯨伏せや北西岸で修理や水を補給のため錨泊。しかしこの湾は湾口が北西向きであり、北西風が吹き出すと、遮るものがなく風をまともに受ける。
- 船員も兵士も疲れて就寝中、低気圧が通過後、北西風が急に吹き出し始め、出港準備や、揚錨準備に手間取り、相当数が走錨し北西岸に吹き寄せられ座礁、北西風で徐々に波高が高くなり崖に触れて遭難、大勢が溺死した。新暦10月末からの西高東低の気圧配置になるには、低気圧か何かのきっかけが必要であり、南風を吹かせた低気圧がきっかけになったと想定される。
- 蒙古軍船の走錨条件を検証した結果、単錨泊では風速15m/sにて走錨する。



- 波は風が海面上を吹く事によって、エネルギーを得て波に発展するが、風速と吹く距離、吹く時間によって、SM B法などで推算ができる。下図右は対馬壱岐間の風の吹走距離を50kmとし、風速と吹く時間別に算出した波高であり、風速15mが4.5時間吹くと波高2mになる。



高麗建造蒙古軍船は何隻だったか (建造に従事する大工や人夫数と建造隻数)

高麗史によれば大型軍船300隻、上陸艇300隻、水汲艇300隻建造で工匠・人夫30500人余りを動員したとあり、高麗の経済は非常に疲弊したとある。明治18年の日本の船総数17600隻で、大型の千石船は1%の229隻、当時の高麗経済規模は明治18年の日本に比較してかなり小さく、高麗で千石船より大型の蒙古軍船300隻は天文学的數字であり、大型軍船300隻の建造は国の規模からしてありえない隻数である。

- 建造期間と必要人員については、江戸時代の和船では木挽人は大工の1/4で、木挽き、大工を含め100石あたり、400人(船の科学館、菱垣廻船、樽廻船資料)とあり、1000石船では4000人となり、建造期間を6ヶ月とすれば22人/日となる。これは専門の大工であり、原木の切り出し輸送は非常に急ぐため同程度の人夫が必要であると推察される。
- 蒙古軍船1隻の木材量は推定約234m³であり、1000石船の1.3倍、上陸艇と水汲艇を含めると約1.5倍とし、工数は和船と同じとすれば蒙古軍船の船大工人数は33人/日と推定され、300隻では1万人/日の大工が必要となる。当時の経済規模の高麗で船大工が1万人もいたとは考えられないので、大工数は1/4として、複雑加工と指示、監督役で大勢の人夫を使い建造したと考えられる。
- 船大工を1/4とすれば2500人必要、人夫は10倍の25000人、原木の切り出し、輸送は急ぐ必要があり25000人と仮定、これらの人々の宿舎や食事の世話など総計約6万人/日規模が必要で高麗史のほぼ2倍である。これらから半数の150隻の大型軍船と上陸艇300隻、水汲艇300の建造が精一杯と考えられる。
- 高麗史などでも126隻などの表現があることから、300隻の新造はなかったと考えられ、韓日国際学術会議の尹龍焮教授は大型軍船の建造量は300隻の半分にも満たなかったとある。蒙古来襲2014(元九大教授服部)では大型軍船は高麗の船員数から112隻と推定している。
- 蒙古軍船の襲来隻数が約300隻とすれば、残りは前年に三別抄を攻撃した中型軍船を使用したと考えられ、三別抄攻撃では高麗軍6000人、船員3000人、その他兵士12000人、総計15000人で160隻(高麗史)とあり、1隻当たり兵士95名と船員19名となる。これらからこの160隻をそのまま使用し、高麗建造数は150隻と推定した。

文永の役の検証結果

- 蒙古軍は勇猛果敢な蒙古騎馬軍団ではなく、騎馬は指揮官のみ、兵士約2万7千名の元、漢、高麗の寄せ集め歩兵部隊で士気は低く、航海の船酔いで体力が低下。壱岐では牛はすべて食され、博多では戦の最中に射殺した軍馬を食したとあり、食料も現地調達する方針で、博多上陸時は食料が不足していたと思われる
- 武士団は騎馬武士5千騎、郎党が5千～1万名であり、蒙古軍の半数だが騎馬兵が圧倒的に多い。騎馬は歩兵に比べ速度と質量が大きく、運動量や運動エネルギーが桁違いに大きく、戦では騎馬兵が有利、また武士団は国を守る気概があり士気が高く、兵站供給も十分であった。
- 300隻の大型帆船は鈍重で自由が効かず、水深情報はあったとしても、初めての博多湾に侵入し、上陸地点まで航海し、投錨は簡単ではなく、広い面積が必要である
- 敵前上陸は多くの兵を短時間に揚陸し橋頭保確保が重要、蒙古軍は兵士、軍馬、兵站を上陸艇に載せかえ往復して揚陸、時間がかかり、結局全員上陸できず、上陸戦では最悪の兵士の逐次投入となってしまった。
- 武士団は当初は少数突撃で集団戦に敗北、戦術を集団騎馬騎射突撃とし蒙古軍の陣形を破り、勝利。蒙古軍は兵站供給が乱れ、矢が尽き戦えなくなり、副将が長弓で射倒され船に撤退
- 夜間、月が上がり視界が何とか効き、南風が吹きだし、博多湾を出港、壱岐の西北岸に補給と修理のため停泊中、季節風である北西風が吹き始め、走錨し座礁、続いて襲う大波に船は破壊され遭難した。
- 海を知らない蒙古軍は渡海攻撃を軽く考え、高麗に軍船建造を命じ、兵士、船員を徴発し出撃したが、航海、入湾、敵前上陸戦は簡単でなく、最悪の兵士逐次投入になり、武士団も頑強で強く、撃退されてしまった。このため弘安の役では大艦隊と兵士数で再度来襲したが、神風台風により壊滅。
- 文永の役の準備や規模は大変なものであり、高麗は疲弊したとある。この人員、費用、労力と期間をかけて威力偵察攻撃などする訳はなく、明らかに侵略である。威力偵察攻撃説は物理量の大きさを考えていない。
- 幸い、歴史家が古文獻を読み解いた貴重なデータが多くあり、ITやAiの時代ではこれらのデータを用いて、物理的事象やエンジニアリングにて歴史を解明すれば、違った歴史になると考えられる。