

4. 旅客脊椎骨折事故事例の分析

第3章に示した旅客脊椎骨折事故事例の事故調査で得られた事実、旅客負傷にかかる解析（以下「本件解析」という。）等により、事故の経過、旅客が脊椎骨折を負ったメカニズム、衝撃等が明らかになりましたのでご紹介します。



小型旅客船

4.1 旅客脊椎骨折事故の経過

2つの旅客脊椎骨折事故の事例では、事故時の速力が約10ノット又は約12ノットで航行していました。事故の経過はほぼ同じであり、次のことが分かっています。

- ① 港外では船の大きさに比較して、**高い波が発生**していた
- ② 操縦者は、**航行を継続できると判断**した
- ③ 十分に減速されておらず、船体が上下に大きく動揺し、ピッチングによって**船首が上下動した**
- ④ **旅客の身体が自席から浮き上がり**、先に降下していた**船体（自席）に落下した衝撃を受けて脊椎骨折を負った**
- ⑤ 脊椎骨折を負った旅客は、いずれも**船体の船首部の椅子席等に腰を掛けていた**

4.2 旅客が脊椎骨折を負ったメカニズム

(1) 脊椎骨折のメカニズム

本件解析は、事故の事例1（旅客船A船、総トン数19トン、全長19m）を取り上げ、海上技術安全研究所に委託し、A船の前部客室において、旅客が椅子席から浮き上がり、同席に落下して衝撃を受け、脊椎骨折を負った状況を解析しました。

解析条件は、事故の事例1から波条件：波高2.0m、速力：11.6ノットとしました。ただし、本解析の結果は、旅客船A船のものであり、衝突速度、旅客が脊椎骨折を負う可能性がある衝突速度、十分な減速した速力等は、船の船型、椅子席の衝撃吸収性能等により異なりますので、各船で検討する必要があります。

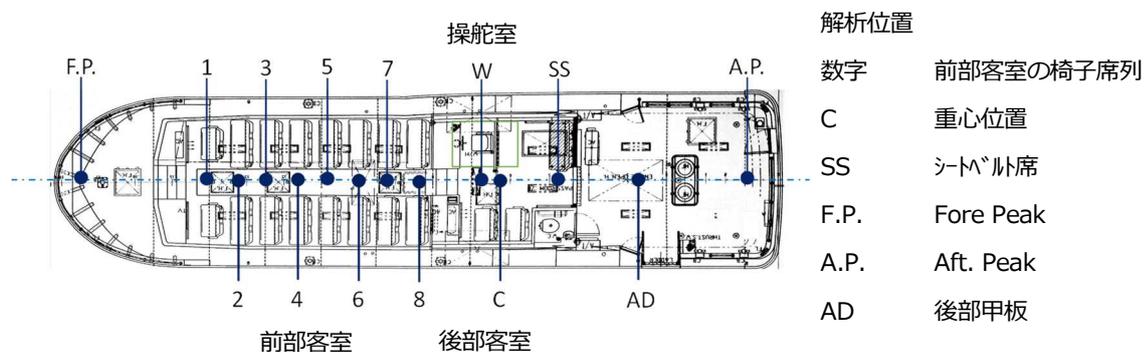


図3 本件解析の解析位置

(2) 旅客の身体と船体（椅子席）の相対関係

本件解析から、本事故当時、前部客室の最前列椅子席に腰を掛けた旅客の身体と船体（第1列の椅子席）の相対関係は、次のとおり推定されます。（図4、5 参照）

過程① 旅客が椅子席と共に上向きに移動

過程② 椅子席からの**旅客の身体の浮き上がり**

- a 船体には下向きの加速度が作用して上昇が遅くなり、旅客の身体は慣性が作用して船体よりも速度の減少が遅れ、**着席位置で上向き加速度が1G^{※3}を超えた瞬間に椅子席座面から腰（身体）が浮き上がった**
- b **加速度は、速力が大きいほど、着席位置等が重心から離れるほど、大きくなる傾向がある**

過程③ 船体は旅客よりも早く降下し始め、**旅客が椅子席から放出**

過程④ **旅客は椅子席から放出されたのち、僅かに上昇して最高点に達し、船体に向かって自由落下**

過程⑤ **旅客の身体は船体（椅子席）に追いついて衝突し、旅客が脊椎を骨折**

※3 「G（ジー）」とは、加速度を表す単位をいい、物体が自由落下する場合の加速度と一致します。重力加速度は、加速度の単位としても用いられ、重力加速度と同じ加速度を1.0G（ジー）と表します。

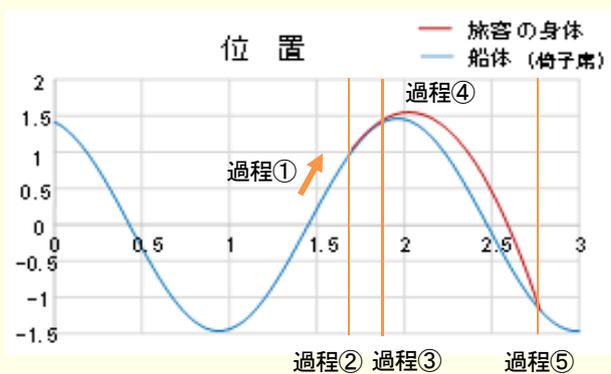


図4 旅客の身体と船体（椅子席）の相対関係

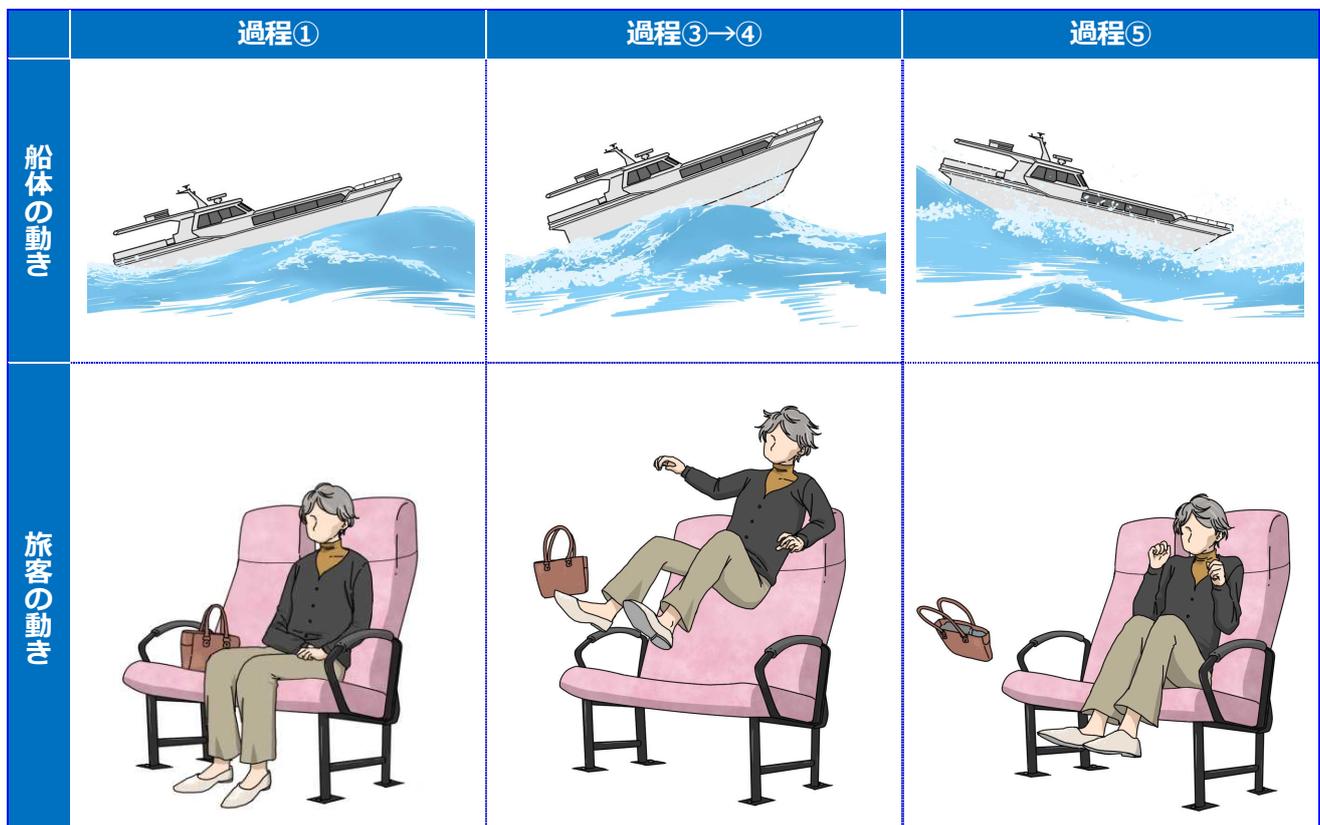


図5 船体が上下に動揺して旅客が衝撃を受けるイメージ

(3) 旅客が受けた衝撃

本件解析の結果から、第1列の旅客が船体（椅子席）に衝突した際の**衝突速度は、約4.7m/s**であり、これを高さに換算すると、約1.1mの高さから自由落下して尻もちをついたことに相当する衝撃を受けることになります。仮に、衝突時において船体が上向き（船体が上昇）の場合には、衝撃がさらに大きくなります。

また、**第1列から第3列の椅子席に腰を掛けていた旅客は、椅子席から浮き上がって同席に落下したとき、衝突速度2.0m/s以上の強い衝撃を受けて脊椎骨折を負っていたことが分かりました。**

(4) 脊椎骨折の危険性の評価

速力及び波高を変化させ、衝突速度の計算を行った結果は、図5のとおりです。

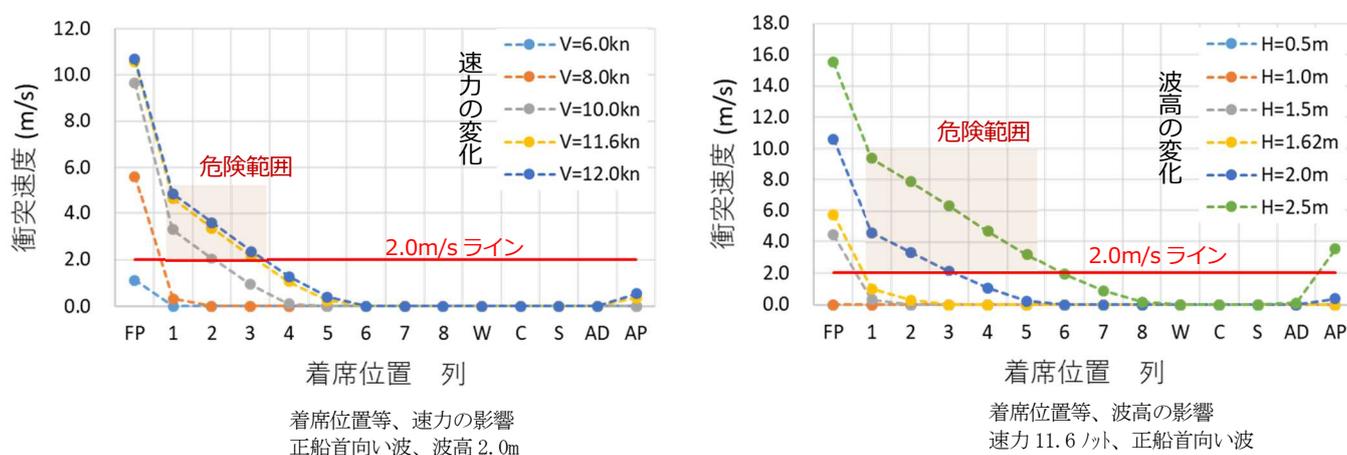


図5 速力及び波高と衝突速度

また、衝突速度が2.0m/sを超える状態を「危険」として、脊椎骨折の危険性を評価しました。

- ① 衝突速度は、重心位置から離れるほど大きくなり、最前列が最も大きくなります。
- ② 波高2mの場合、速力12ノットでは第1列目から第3列目までが、速力10ノットでは最前列及び第2列が危険という評価となり、速力が8ノットまで低下すると危険と評価される椅子席列がなくなります。
- ③ 速力11.6ノットの場合、波高1.5mまでは危険と評価される椅子席列がないが、波高2mで第1列から第3列までが、波高2.5mで第1列から第5列までが危険と評価されるようになります。
- ④ 事故事例1の波高2m及び速力11.6ノットの場合、第1列から第3列までが危険という評価となりました。

波高及び速力の数値が大きくなると危険と評価される椅子席が後方に広がります。

結論として、小型旅客船の船体動揺によって旅客が脊椎骨折を負った場合、旅客が受ける衝撃には、次のような傾向があるものと考えられます。

- ① 旅客が受ける衝撃は、**着席位置**が船体の重心位置から前後方向に離れるほど大きくなる。
- ② **速力**が速いほど旅客が受ける衝撃は大きくなる。
- ③ **波**が高いほど旅客が受ける衝撃は大きくなる。

4.3 その他

(1) 危険な海域

基準航路のうち、水深が急に浅くなったり、潮流が合流する場所等で、特に高い波が発生している場合があります。

(2) 基準航行の判断

発航中止基準の判断方法が誤っていたり、船長のみで発航等を判断したり、航行中に基準航行よりも十分な減速をせず、高い波に遭遇している場合があります。

(3) 旅客の救護

操縦席が重心近くにある場合は、操縦者が受ける衝撃が小さく、旅客が負傷していることに気付かなかつたり、負傷の度合いを正確に把握できず、旅客の救護が遅れる場合があります。

事故事例 1 及び事故事例 2 から得た再発防止策

第 3 章の事例 1 及び事例 2 の事故調査の結果、次の**再発防止策**を取りまとめました。

小型旅客船の船舶所有者及び小型旅客船（小型高速船を除く）を運航する旅客運送事業者等（以下「運送事業者」という。）は、管理船舶の運航に当たり、次の旅客脊椎骨折事故の再発防止策を図ることが重要です。

(1) 運送事業者は、次の事項を船長等に周知、徹底させること。

① 操船者は、波の影響により船体が動揺するときは、**十分な減速**等を行うこと。

また、操船者は、風及び波を船首方から正対して受けることなく、波の影響で大きく船体が動揺しない針路を選択して操船すること。

② 船長等は、船体が大きく上下動するような波が想定されるときは、注意報等の発表状況について旅客に情報提供を行った上、旅客が客席から浮き上がらず、**衝撃を受けづらい席**（重心位置が後方にある場合は後方の客席）に**事前に誘導**すること。

(2) 運送事業者は、基準航路、発航地及び到着地において、地形や潮流の影響を受け、**高い波又はうねりが寄せる等の場所を再確認**し、その情報を船長等と共有すること。

(3) 運送事業者は、安全管理規程に定める**発航中止及び基準航行中止の条件の基準の遵守**について、船長をはじめ乗組員に対し**教育及び定期的な指導**を行うこと。