

## 第2章 機体動揺事故の発生状況

### 1. 事故発生件数の推移

過去 20 年間（2004～2023 年）に当委員会の調査対象となった航空事故について、年ごとの発生件数を見てみると、事故数全体はほぼ横ばいで、大型機事故もほぼ横ばいとなっています。そのうち機体動揺事故は、大型機の事故 67 件のうち 37 件（約 55%）と半数以上を占めています。

特に最近 10 年間では、大型機の事故 35 件のうち 21 件（60%）は機体動揺事故となっており、2022 年は過去 20 年間で最も多い 6 件が発生しています。（図 2 参照）

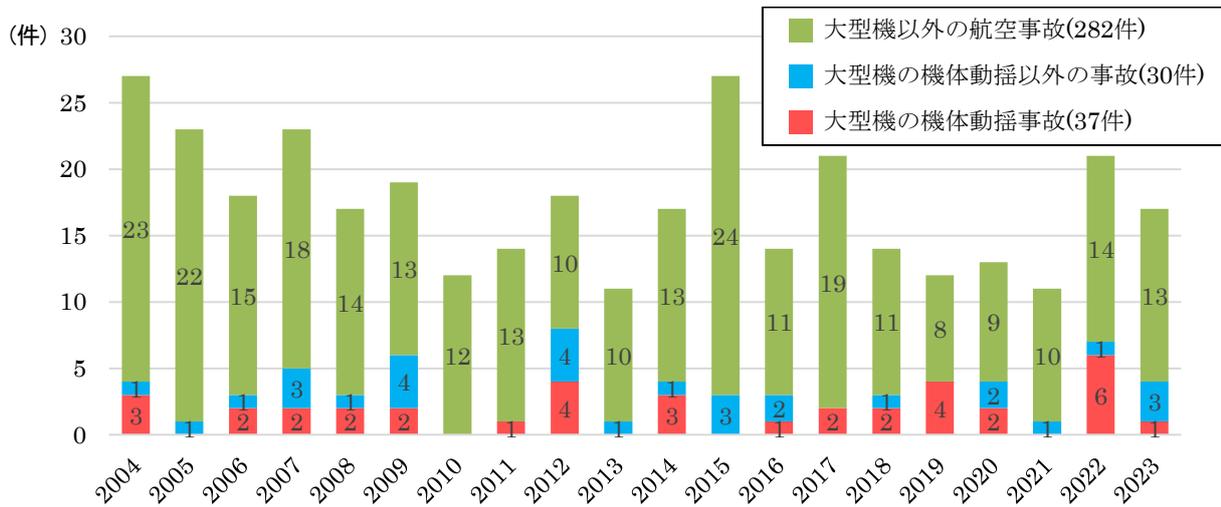


図 2 航空事故発生件数

### 2. 発生場所

ここからは、過去 20 年間（2004～2023 年）に発生した機体動揺事故 37 件のうち、2023 年 12 月までに事故調査報告書が公表されている 36 件の事故について見ていきます。

まず、発生場所を見ると、東北地方から南西諸島にかけて広く分布しています。比較的交通量が多い太平洋側の発生件数が多くなっていますが、陸上、海上等の場所による違い、乱気流の種類の違いによって分布に特徴はみられません。これはつまり、どこであっても機体動揺事故は発生し得ることを意味します。（図 3 参照）

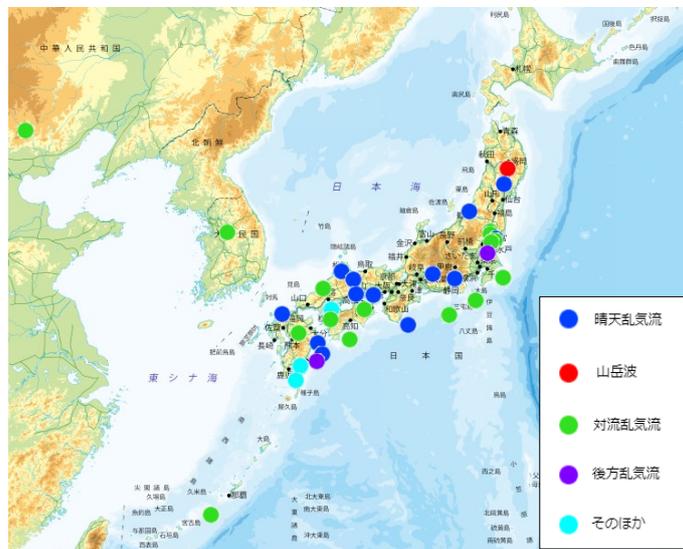


図 3 機体動揺事故の発生場所(ロシア連邦上空の 1 件を除く)

### 3. 機体動揺事故発生高度及び飛行の段階

機体動揺事故発生時の飛行高度を見ると 20,000ft 未満が 12 件で約 3 割、20,000ft 以上が 24 件で約 7 割となっており、25,000～29,999ft が 8 件で最多となっています。

また、飛行の段階では、乗客、客室乗務員ともシートベルトを着用していることが多い上昇中（4 件）や最終進入中（1 件）の事故は少なく、多くは巡航中（18 件）又は降下中（巡航高度変更のための降下を含む）（13 件）の事故となっています。巡航中は機内サービスが行われ乗客は化粧室を使用するために離席することもあり、また降下中は機内サービスの後片付けやシートベルトの着用の確認等の安全点検等のため、客室乗務員は離席していることが多いことが関係していると考えられます。（図 4 参照）

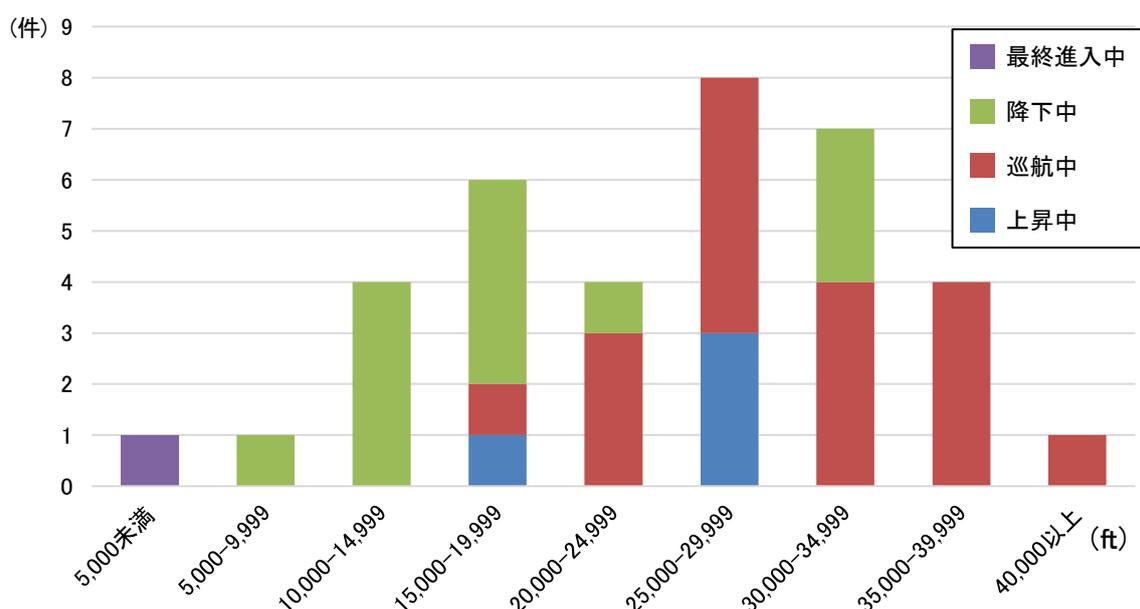


図 4 事故発生高度及び飛行の段階

### 4. 負傷者の状況

負傷者の発生状況を見てみると、重傷者数は 44 名で、乗客 18 名、客室乗務員 26 名となっており、軽傷者を含めた負傷者数は 118 名で、乗客 62 名、客室乗務員 56 名となっています。機体動揺事故が発生した航空機の搭乗者総数に対する負傷者総数の割合を比較すると、客室乗務員（約 16.2%）は乗客（約 0.9%）に比べ負傷する割合が 18 倍高くなっています。

これは、前項と同様に、乗客は着席しシートベルトを締めているのが通常であるのに対し、客室乗務員はシートベルトサインが点灯している場合以外は、立って作業を行っていることが多く突然の揺れに対し防御姿勢が十分とれない状況にあることが多いためと考えられます。（図 5 参照）

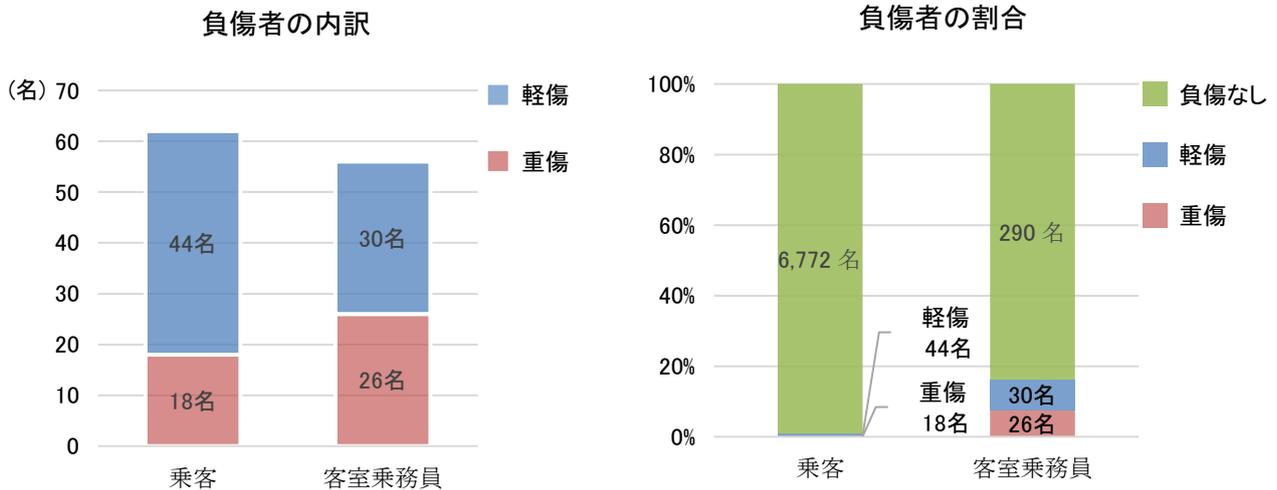


図5 負傷者の発生状況

また、重傷者の発生傾向を見てみると、乗客の負傷はこの20年間で減少傾向にあるのに対し、客室乗務員の負傷は逆に増加傾向となっています。（図6参照）

この要因として、乗客については着席中も常時シートベルトを腰の低い位置で着用することを機内アナウンスにより呼びかける等の事故防止対策の効果が現れているものの、客室乗務員についてはその業務上すぐには着席できない場面も多くあることなどが関係しているものと考えられます。今後更に事故を減少させるためには、特に客室乗務員に対する対策に重点を置いて考える必要があります。

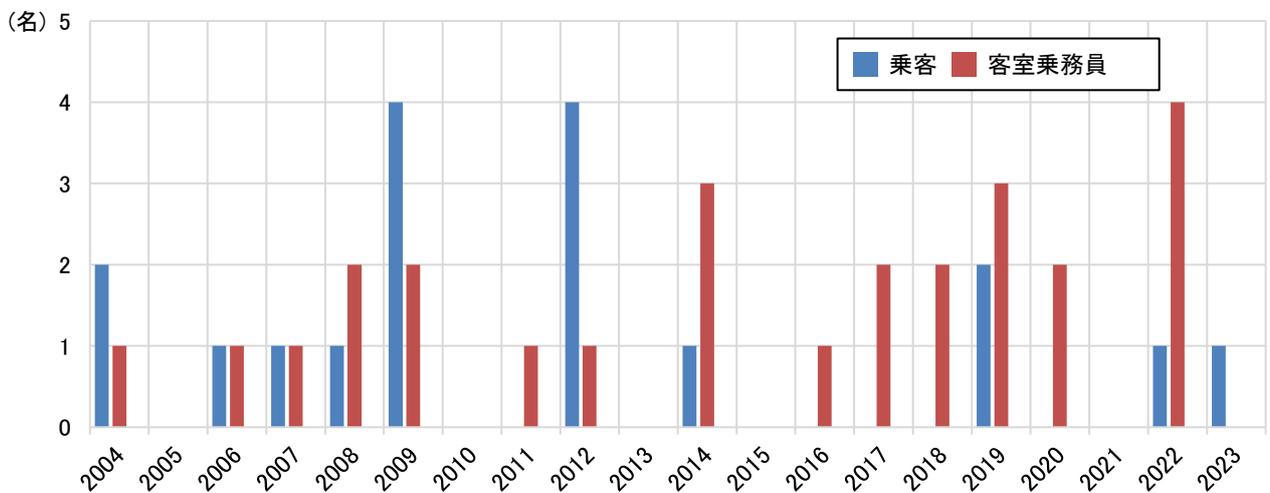


図6 重傷者数の推移

次に、負傷部位について見てみると、脊椎骨折に関係するものが14名、次いで足等の下肢骨折に関係するものが13名となっています。（図7参照）

脊椎骨折は、機体が上下に動揺（縦揺れ）して、身体が浮き上がって落下した際にしりもちをつくような事故で多く発生している傾向が見られました。下肢骨折は、突然の揺れに対抗し踏ん張ったものの転倒し足首をぶついたり、大きな荷重に耐えきれずに骨折に至るような事例が見られます。

また、着席してシートベルトを締めていたものの、強い横揺れにより右脇腹を座席の肘掛けに打ち付けたことにより骨折した等、特殊な事例も見られます。

なお、熱傷は1件のみですが、これは、提供する飲み物の温度を低くしたり、揺れが予想される場合は温かい飲み物の提供を取りやめたりするなど、航空会社による熱傷防止対策が功を奏しているものと考えられます。

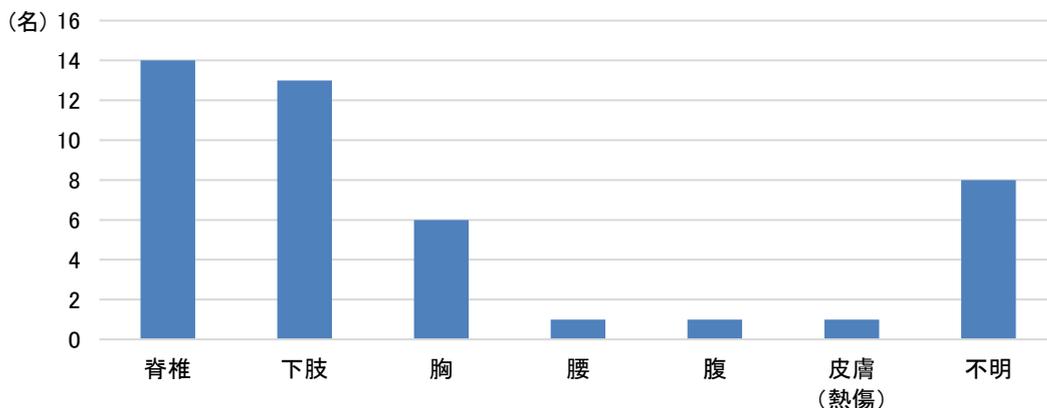


図7 機体動揺事故による負傷部位(熱傷以外は全て骨折)

## 5. 負傷の状況及びシートベルトの着用状況

次に、負傷した乗客及び客室乗務員の事故時の状況及びシートベルトを着用していたかどうかについて調べてみました。

まず、乗客の重傷者18名については、事故時に着席していた者が8名(約44%)、通路にいた者が6名(約33%)、化粧室にいた者が4名(約22%)でした。化粧室の利用中や通路の歩行中など座席を離れていてシートベルトを着用できない場所での事故が18名中10名(約56%)と半数以上を占めています。

また、着席していた8名のシートベルトの着用状況は、4名が着用、3名が未着用、1名がシートベルトを着用した母親に抱かれた幼児(こぼれたコーヒーにより熱傷)でした。(図8-1参照)

しかしながら、着用していた4名のうち2名は、締め方が緩い等着用方法が適切ではありませんでした。この状況を見ると、シートベルトを適正に着用することによる事故防止の効果は非常に大きいことがわかります。

次に、客室乗務員の重傷者26名については、事故時に着席していた者が2名(約8%)、通路にいた者が8名(約31%)、ギャレーにいた者が16名(約62%)でした。ギャレーや通路など、シートベルトを着用できない状態での事故が、26名中24名(約92%)とほとんどです。(図8-2参照)

着席中だった2名のうち、1名はシートベルトを着用していたものの前傾姿勢であったことが

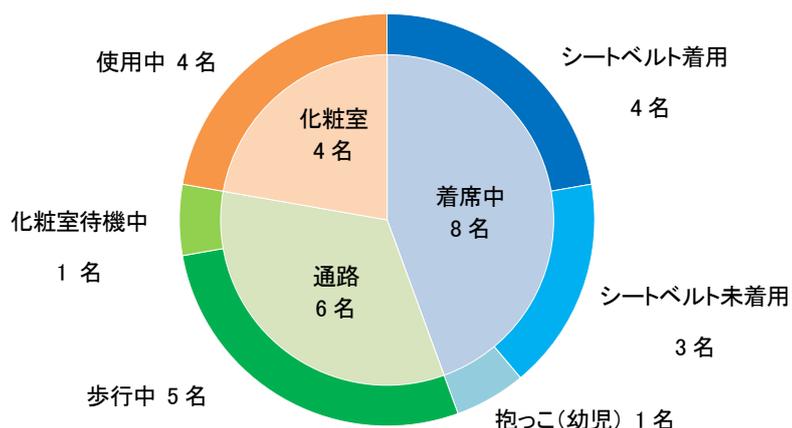


図8-1 負傷の状況及びシートベルトの着用状況(乗客)

関与した可能性が考えられ、もう1名は、客室の監視のため一時的にシートベルトを外した際の突然の揺れにより負傷しています。

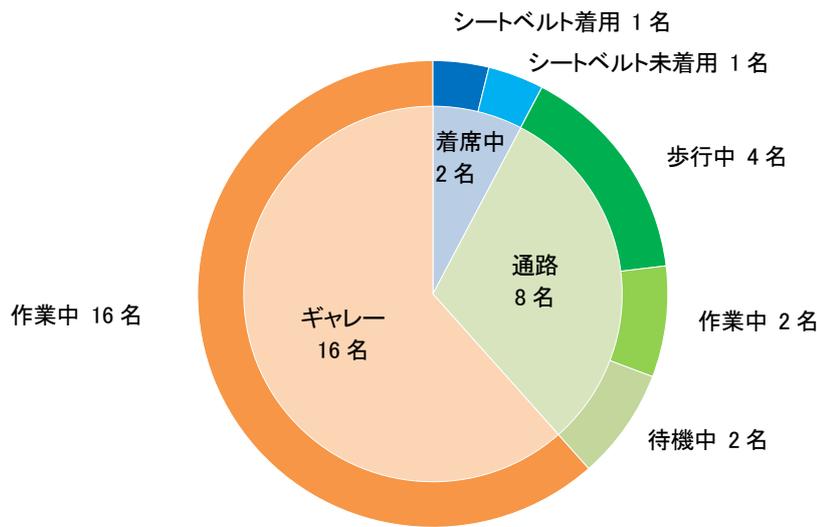


図 8-2 負傷の状況及びシートベルトの着用状況(客室乗務員)

次に、負傷場所とシートベルトの着用状況及びシートベルトサインの点灯状況を見ると、シートベルトサイン点灯中に座席以外の場所で負傷した人は乗客5名、客室乗務員6名となっています。シートベルトサインが点灯した場合には乗客であっても客室乗務員であっても、すみやかに座席に戻りシートベルトを着用する必要があります。特に客室乗務員ではシートベルトサイン消灯時においても18名が座席以外の場所で負傷していることから、必要のある場合を除き着席に努めることが必要です。

また、運航乗務員は揺れる可能性を覚知した場合には、その情報を客室乗務員と共有するとともに、揺れに対する防御を最優先とし、機内サービスの状況にかかわらずちゅうちょなくシートベルトサインを点灯させる必要があります。(表1参照)

	負傷場所	シートベルトの着用状況		シートベルトサインの状況		備考
				点灯	消灯	
乗客	座席	着用	適正	2	0	2名とも肘掛けに強打
			緩み他	2	1	うち1名抱っこ、1名緩み不明
	未着用	3	0			
	座席以外	—	5	5		
客室乗務員	座席	着用	適正	1	0	姿勢が関与
			緩み	0	0	
		未着用	1	0	客室監視のため一時的	
	座席以外	—	6	18		

表 1 負傷時のシートベルト着用及びシートベルトサイン点灯の状況

## 6. 機体動揺の原因となった乱気流の分類

機体動揺事故といっても、その発生原因により様々なものがあります。36 件の事故を、国際民間航空機関（ICAO）、米国国家運輸安全委員会（NTSB）の統計資料の乱気流の分類項目によって分類しました。雲中乱気流（主として積乱雲等の対流雲の影響によるもの）と晴天乱気流（高高度において雲（上層雲を除く）のない空域において発生するもの）で全体の約 7 割を占めており、これら 2 つが主要な乱気流の要因であると言えます。（図 9 参照）

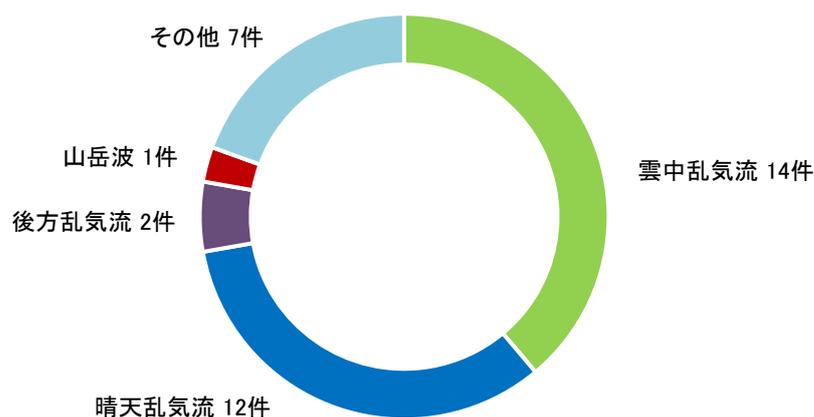


図 9 乱気流の分類

最も多いのは雲中乱気流で、14 件（約 39%）と全体の 3 分の 1 以上を占めています。航空機が降下中の事故が多く、対流雲を認識できない場合や、認識しつつも回避できずに対流雲に接近・進入して乱気流に遭遇するケースが多くなっています。対流雲が発達していた要因としては、台風や低気圧、梅雨前線や上空の寒気による不安定な大気の状態など様々です。

晴天乱気流も、12 件（約 33%）と雲中乱気流に近い件数が発生しています。巡航中の事故が多く、このうち 7 件は周辺に雲がない状況ですが、5 件は層状の雲の中又は下で発生しています。これらの事故のほとんどにジェット気流が関係しており、事故空域の近傍には、ジェット気流やジェットフロント（ジェット気流の前線帯）が存在していました。

そのほか、地形による山岳波や先行する航空機による後方乱気流、低層乱気流などによる事故も発生していますが、数は少なくなっています。

## 7. 動揺原因の季節的傾向

次に、発生原因の季節的な傾向を見てみます。7～9 月は雲中乱気流が多く、この時期の事故 12 件中 9 件（75%）を占めています。また、12～3 月は晴天乱気流が多く、この時期の事故 11 件中 8 件（約 73%）を占めていて、季節的な傾向が認められます。（図 10 参照）

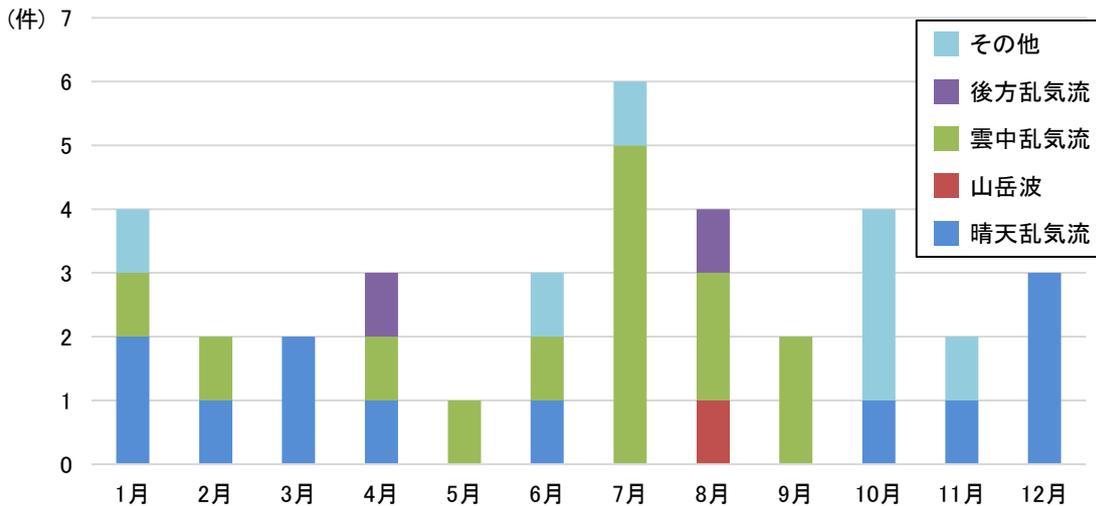


図 10 機体動揺事故月別発生状況

## 8. 機内位置及び機体の大きさによる揺れの比較

揺れの大きさは機体の特定の位置からの距離に左右されることから、一般的に、航空機の後方ほど揺れが大きいとされています。重傷者の発生場所は、機体後方が 35 名（約 80%）と 4 分 3 以上を占め、次いで機体中央が 7 名（約 16%）と多く、機体前方は 2 名（約 5%）のみとなっており、後方がより揺れやすいとされていることに合致したものとなっています。（図 11 参照）

また、操縦室において運航乗務員が感じた揺れの大きさと、客室乗務員が客室で感じた揺れの大きさを比較したところ、事故が発生した際の操縦室では、36 件中 14 件（約 39%）と約 4 割は並以下の揺れと感じているのに対し、客室ではほとんどが強い揺れであったと感じています。これらの状況を見ると、操縦室は客室での揺れの状況を十分把握できずにシートベルトサインの点灯が遅れる可能性も考えられることから、情報の共有に当たっては操縦室から客室への一方通行ではなく、客室から操縦室に積極的に提供することも重要です。（図 12 参照）

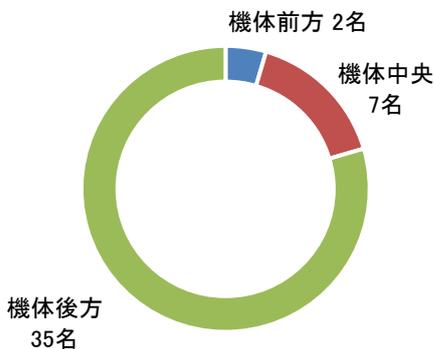


図 11 重傷者の機内位置

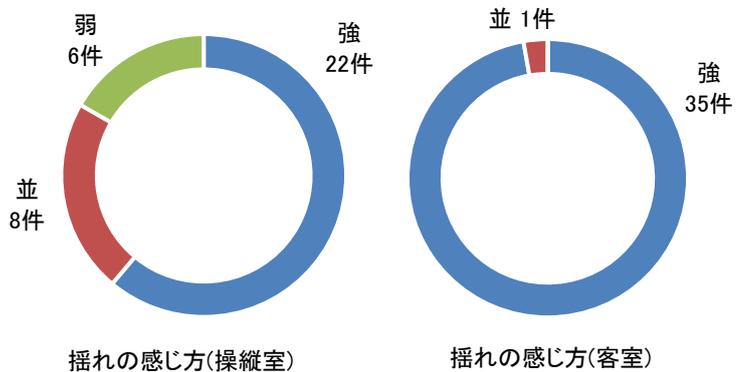


図 12 揺れの感じ方の比較

次に、大型機を更に細分化し、機体の大きさによる事故の発生状況を比較しました。2016～2022 年における機体の大きさ別に見た運航便数の割合及び事故件数の割合を比較すると、（ボーイング式）B777、（エアバス式）A350 などの大型航空機（運航便数は約 20%、事故件数は約 19%）、B767、A330 などの中型航空機（運航便数は約 12%、事故件数は約 12%）、B737、A320 などの

小型航空機（運航便数は約 68%、事故件数は約 69%）となっており、機体の大きさによる事故の発生傾向に大きな違いは見られませんでした。（図 13 参照）

また、飛行記録装置に記録された事故発生時の垂直加速度の変化量を見ると、1.0G 以上の事例が 29 件（約 81%）と全体の 8 割以上を占めているものの、振れが 1.0G 未満の場合でも事故は発生しています。そのほか横方向の加速度が関与している事例もありました。また、この変化量は図 12 で示した操縦室での揺れの感じ方との相関関係は見られるものの、事故に結びつくかどうかは、垂直加速度や水平加速度等の大きさ、変化量だけではなく、揺れた際の負傷者の姿勢や体勢、つかまる場所があるかどうか等周りの環境や、揺れた場合の対応を意識しているかどうか等も関わっているものと考えられます。（図 14 参照）

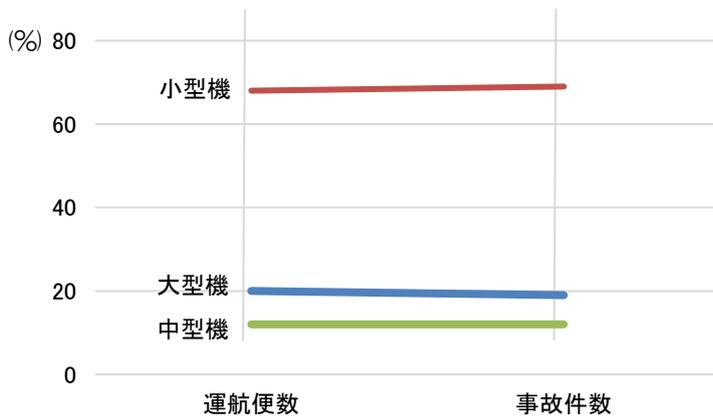


図 13 運航便数割合と事故件数割合の比較

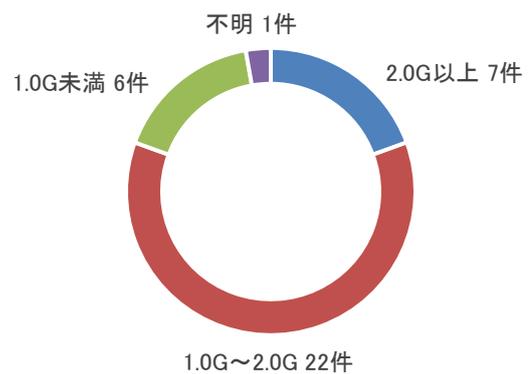


図 14 垂直加速度の変化量

## 9. 乗組員等の認識

事故機の運航乗務員が、運航開始前を含め揺れの可能性を認識していたかどうかを確認したところ、大きな揺れの可能性を認識していたのは 36 件中 17 件（約 47%）で、約半数は大きな揺れを予想しないまま飛行を開始していたことが分かりました。（図 15 参照）これは、NTSB が行った乱気流に関する調査結果（「認識あり」が約 53%）とも近いものです。

また、運航開始後に入手可能となった新しい情報も含め、機体動揺に関係する気象情報等が運航乗務員と運航管理者や客室乗務員の間で共有されていたかどうかについても、その不足が見られた事例が 3 分の 1 ありました。（図 16 参照）

このことから、運航開始前には気象解析による揺れの可能性の把握が、運航開始後には乗組員間や地上の運航管理者との間で揺れの予測や実況について速やかで確実な情報共有が大切なことがわかります。

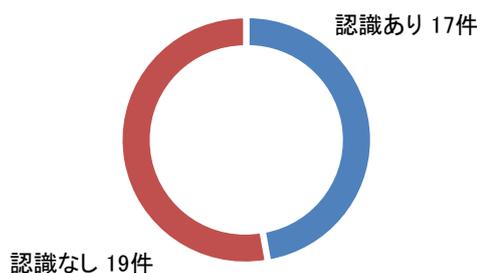


図 15 運航乗務員の認識

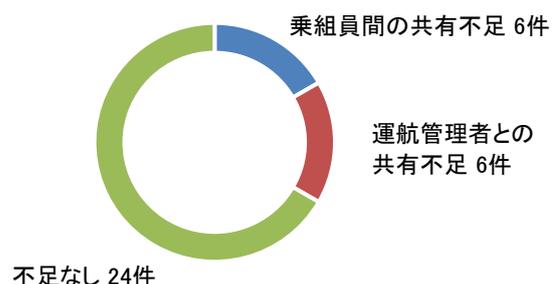


図 16 情報の共有状況