

# 機窓景観に関する基礎的研究 — “ダイブゾーン” の概念と記述方式の開発 —

植村 恒平<sup>1</sup>

<sup>1</sup>非正会員 東京工業大学院 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 都市・環境学コース  
(〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1, E-mail:uemura.k.aj@m.titech.ac.jp)

現代の交通行動における景観体験として機窓景観が挙げられるが、その考察はなされていない。着陸進入時にみられる山岳の見えかたの変化に着目し考察することで、機窓景観特有の体験— “ダイブゾーン” の概念を見出す。また、言葉や写真による分析だけでなく、数量的な表現方法（タイムライン）を開発し、ルートや空港毎の比較例を提示する。

**キーワード:**機窓景観, 山岳透視景観, ダイブゾーン, フライトシミュレータ, チャート

## 1. 序論

### (1) 背景と目的

中村(1979)<sup>1)</sup>を始めとして、シークエンス景観の例として多くの研究がなされているのが交通行動における景観体験である。しかしながら、航空機の機窓からの景観に着目した研究は存在していない。

一方、山岳の透視形態に着目した研究は数多く存在し、その例として中村(1984)<sup>2)</sup>などが挙げられる。どれも、大地視点からの透視像を対象としているが、基本的な視点移動による透視形態の変化についてすでに研究がなされている。

そこで、本研究では、まず、着陸進入時の航空機における機窓景観でみられる山岳の見えかたの変化について、過去の研究の論考を元にしながらかつその特徴を見出し(2章)、この特徴を数量的に表現する方法を開発(3章)、これを複数のコースや空港で比較しその実用性を検討し(4章)、機窓景観を考察するに必要な基礎的研究の達成度を総括する(5章)。なお、着陸進入時に対象を絞った理由については2章にて後述する。

### (2) フライトシミュレータの活用

本来は実際に旅客便に搭乗し、機窓景観を適切な媒体で記録したうえで分析を行うべきだが、本研究ではフライトシミュレータソフトを用いて様々な記録を行った。

その理由を以下に記述する。実際の運航で記録する場合、観測に適した天候状況が保証されない他、風向きや時間帯、空港の混雑状況や機種等、様々な条件により、その都度異なる着陸進入ルートが指定されるのが一般的である。また、同じ着陸進入ルートを指示されたとして

も、前後の航空機との間隔調整などを理由に、微妙に異なるルートをとることがある。すなわち、期待するルートを搭乗した便がとる確率は低く、研究のための適切なデータが得られにくいと予測される。

ところで、近年では、専門家でもなくとも扱え、かつ山岳の見えかたを表現するに十分なグラフィックができるフライトシミュレータソフトがリリースされている。これらを用いることで、諸条件に左右されることなくデータを取得できると判断した。なお、本研究では「Microsoft Flight Simulator 2020」というフライトシミュレータソフトを使用している。

恣意性があるべく出ないよう、運用の指標となるチャートや通常の運用に即したシミュレーションを行った。なお、チャートに関しては国土交通省が運用するAIS JAPAN (<https://aisjapan.mlit.go.jp>)より最新のものを見ている。また、2章における特徴の検討段階では、シミュレーションと実際の体験が乖離することの無いよう、筆者が複数回訪れており、かつ以前から様々な進入ルートが設けられていた函館空港を対象とした。

## 2. 着陸進入時の山岳の見えかたの変化に着目した機窓景観の特徴の抽出

### (1) 中村による指摘の整理

まず、視点と地形の透視形態について、中村の論述を整理することにより、機窓景観にみる特徴について見出すことにする。

著書『風景学入門』において、中村は「風景とは、いうまでもなく、地に足を付けて立つ人間の視点から眺め

た土地の姿である。飛行機や人工衛星から見た姿ではない。」<sup>3)</sup>と、風景学が地上からみた主観的透視像に着目していることを説明するために、対照的な例として航空機からの景観を挙げている。神の視点のように普遍的で客観的の形状が卓越するような空中からの視点に対し、地上付近からの見えかたは視点の位置によってさまざまな相貌をみせるというのである。特に、視点を下げた、大地からの視点においては、山並み線が秀でて現れたり、海岸線が現実よりも歪んで見えたりと、地形の特徴の一面が浮き彫りになるというのだ。

また、遠近感の知覚のしやすさもまた、低視点における透視像の風景論的特徴であるともいう。「地表面や地物の織りなす景色は、自分から離れるにつれて、連続的に、または断続的に、一貫して漸次変化していく。」<sup>4)</sup>とされ、対照的に飛行機における視点は遠近尺度となる連続面を見失い、非常に不安定であるという。

さらに中村は論文『大地の低視点透視像の景観論的特質について』において、上記の内容をまとめ、地表近くの視点で起こりうる主観的透視像の特異性が、「透視像の漸变的な変化」、「形の透視的圧縮または変形」、「見通しの不連続なムラ」の三事象で説明できると述べた<sup>5)</sup>。

確かに、中村の指摘するように、高度1万メートルを巡行する航空機から見える景色は、教科書の地図を眺めているかのようで、主観的な印象を与えることは少ないだろう。また、離陸時においても、おおよそ15度の上昇角度で上空へ向かう航空機からの景観は、瞬く間に巡行時同様の見えかたになってしまう。一方で、着陸進入時の景観においては、そうとも限らないのではないかというのが、本研究の着眼点である。徐々に高度を落とす降下時、すなわち、視点の継時的な垂直移動により、水平性の強い地表としての見えかたをしていた山々の山並み線が徐々に浮かび上がってくるといったように、約3度の降下角で高度を下げていく航空機の機窓からみた景観においては、低視点における透視像から受ける印象と同様なものが観測できるのではないだろうかと考えられるのである。

実際に、中村は「空中の視点をしだいに下げてゆくと、山壁や稜線のくっきりとした輪郭線が浮き出てくる。」<sup>6)</sup>と述べている。機窓景観は、まさにこの——しかしながら、通常の人間の行動では体感しえないような——主観的透視像への移り変わりをみることができるのではなかろうかと予想できる。

最後に、先の論文における「鉛直性の強い地形、地物」と「水平性の強い地表」の2種の説明について言及しておく。前者は鮮明な輪郭像を持ちやすく「形」としてまとまりやすいのに対し、後者においては「空間性」が卓

越するということである。中村が例に挙げているものも参考に、山やランドマーク的建築物は鉛直性の強い要素、水面や汀線、街区といったものは水平性の強い要素であると捉えられるわけだ。本研究では、機窓景観の中でも特段目立って観測されるような、鉛直性の強い山岳の見えかたに焦点を絞って考察を行うことにした。

## (2) シミュレーション映像と航跡・時間帯に着目した考察

中村は先の論文において視点移動による山岳の見えかたの移り変わり方について述べているが、視軸上の接近と鉛直移動のどちらも直線的な視点移動を考えたものに言及は留まっている<sup>7)</sup>。それぞれ、山から遠ざかるほど、勾配が過大評価されることから、その鉛直性を強め、視点を落とすほど「山の輪郭が鮮明に浮かび上がってくる」と説明している。一方、着陸進入時の航空機における視点移動は複雑である。

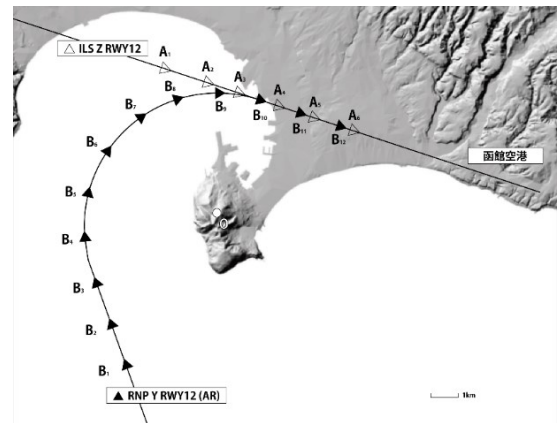


図-1 ルート図（地理院地図を加工して作成）

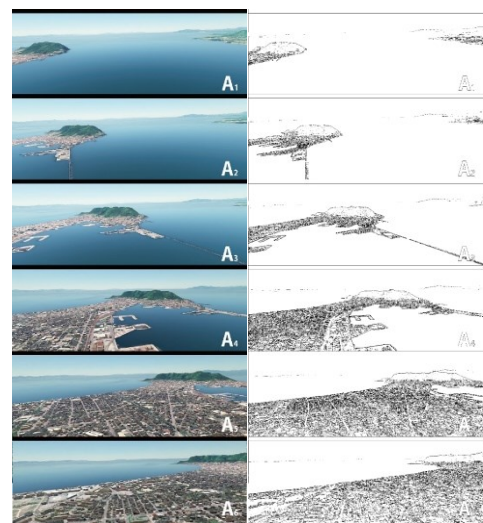


図-2 直線アプローチ中の函館山の見えかた

### a) 直線アプローチ中の見えかた

ここで、航空機の着陸進入時の単純なパターンとして、対象の山岳脇を直線航路で通過しながら降下するパターンを考えてみる。

図-2は、函館空港にILS Z RWY12アプローチ（以降、直線アプローチと呼称）で進入した際の進行方向右側の機窓からみられる函館山（標高：334 m）の見えかたの移り変わりをシミュレーションで再現したものである。図-1に航路と写真との対応を示した。

この直線アプローチでは、ちょうど真横、すなわち山頂との距離が最短になるA<sub>4</sub>点で、航空機の高度と函館山の標高がおおよそ等しくなっている。それ故に、水平線下にあった函館山は、徐々に視線の水平方向に近づき、函館山が視界の右手端に来る頃には水平線上に飛び出している。

先に中村が指摘しているように、山並み線がはっきりと浮かび上がってくる様子も見て取れよう。A<sub>1</sub>点ではまだ曖昧にみえる山並み線も、A<sub>2</sub>点からA<sub>5</sub>点にかけて徐々に高度を下げていることで、その凹凸が明瞭に視認できるようになっていることがわかる。

航空機自体が水平方向にも動いていることから、山々の見える面も徐々に移り変わっていく。函館山は北北西から南南東方向に横長な山体を持っているのだが、A<sub>1</sub>点は山体の横長方向のほぼ延長にあり、その横長な山体を捉えることはできていない。A<sub>2</sub>点からA<sub>5</sub>点にかけて航空機の位置が函館山の北東に移ることで徐々に視認できるようになっている。なお、函館山においては函館市街地方向、すなわち北東方向からの見えかたが“正面”と捉えられることが多い。“正面”への視線入射角が深くなっていき、よく知覚されている函館山の形象が現れたとも言えよう。

最後に、齋藤が著書『名山へのまなざし』<sup>9)</sup>で行っているように、実際の山頂の尖鋭性の面から見えかたを追ってみる。函館山の最高点（O点）は、A<sub>1</sub>～A<sub>3</sub>点からの透視像では背後の山々と重なっており、はっきりと認識できない。高度を下げ、かつ航空機の位置が北東に移ることで初めてO点が尖鋭化して現れている。

ここまでの議論をまとめると、着陸進入時の航空機の機窓景観においては、垂直方向の移動により山並み線が出現し、水平方向の移動により見せる面とその見えかたが変容していくことがわかる。そして、垂直移動と水平移動の両方が頂上の認識可否に関わってくる。分解すればごくごく一般的に見えるかもしれないが、この景観学の教科書的な透視像の変化をここまで短時間で明確に観測できるのは、高速で地表近くを航行する着陸進入時の航空機特有の景観であるとも言えよう。

なお、ここで留意したいのが、垂直方向と水平方向の

移動速度は大きく異なるということである。着陸進入時の大気速度は、航空機にもよるが、おおむね150ノット、すなわち約280 km/hであるのに対し、降下速度は、降下率で1分あたりおおむね1000フィートなので、時速換算で約20 km/hである。つまり、視界内での変化は垂直方向と水平方向で10倍もの違いがある。対象をみつめる視線の俯角・仰角の変化を十分観測する前に、飛行機の前側から後側へ（進行方向右側の機窓であれば視界左端から右端に）対象が通り過ぎてしまうということも多いというわけだ。

### b) 旋回アプローチ中の見えかた

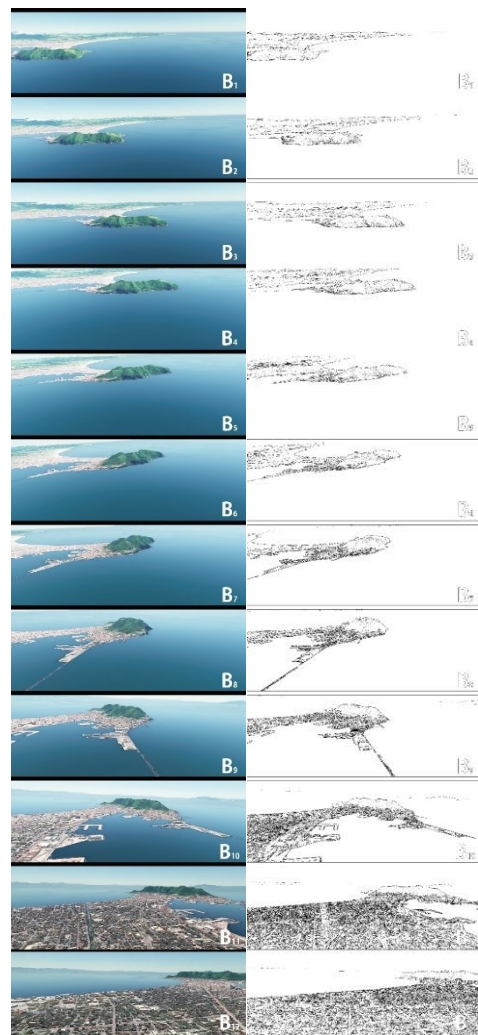


図-3 直線アプローチ中の函館山の見えかた

次に、旋回挙動が加わった航跡を考える。先の単純なパターンとの違いは、視線方向の変化の有無である。函館空港への進入経路で、右旋回で回り込んで着陸するRNP Y RWY12 (AR)ルート（以降、旋回アプローチ）で、先と同様に函館山の見えかたをシミュレーションで再現した。右側の機窓から見える函館山の経過を並べたのが図-3である。航跡についてはすでに図-1で示してある。

B<sub>3</sub>点まで航跡は直線であり、直線アプローチと同様の視点移動による見えかたの変化が起きている。しかし、B<sub>3</sub>点からB<sub>10</sub>点においては飛行機が右旋回しており、これにより、他の要素が視界内で動いているのに対し、函館山が視界の中央でとどまっているように見える。意味付けするのであれば、目まぐるしく景観がうつり変わっていく中で函館山のみが異様に、シンボリックに残り続けるこの見えかたは非常に特異的な景観体験になるであろう。以降、函館山のような、航空機の旋回挙動により視界内に留まるように見える点を“アンカーポイント”と呼称したい。

アンカーポイントは、2次元平面上で考えると旋回中に描く航跡の曲率中心である。正円とは接線の法線が常に中心を向く点の軌道であるから、円形の航跡を辿った時は進行方向の法線である視線方向が常に円の中心であるアンカーポイントに向かうというわけだ。図-1をみると、確かに円形航跡のほぼ中心にアンカーポイントである函館山の頂上（O点）が来ていることがわかる。

実際のところは、アンカーポイントに山岳の頂点が来るような航跡で航空機が飛行するというのはごくまれである。だが、アンカーポイントに山岳があることが最重要というわけでもない。アンカーポイントに留まるとまではないかもの、旋回によって山岳を回り込むということは、対象をより長く視界内に収めつけられるということである。これは、直線アプローチの例の最後で指摘した、鉛直移動による俯角・仰角の変化を十分観測する前に水平方向に対象が通り過ぎてしまうという機窓景観の特性を打ち消していることになる。すなわち、鉛直移動により認識しうる山並み線や山頂の現れ方の変化を、前方向から後ろ方向へ過ぎ行く前に観測できる可能性が高まるということである。

以上の内容に加え、水平方向の移動距離が延びることで単純に山岳の見える面が増えるという事項も付け加えると、旋回アプローチは山岳の見えかたの劇的な変化をより観測しやすくすると結論できるだろう。

最後に、遠景に見える山岳の見えかたについて補足しておく。というのも、函館山は視界内で近場にあるような、*here/there*の概念を持ち出すのであれば *here* の領域にある認識ができる。旋回により見えかたがダイナミックな変化をするというのは先述の通りだ。一方で、図-2や図-3の函館山の後方に見える *there* の山々に着目すると、航空機の位置が変わったとしてもさほど見えかたが変わっていない。確かに、山並み線は認識できるが、これでは大地視点からの見えかたとさほど変わらないのである。とは言いつつ、大地からは少し飛び出た、非常に優れた眺望点とも言うべき着陸進入時の航空機からの視点では、地上よりも可視可能性は高いのであろう。つ

まり、着陸間際の機窓から見える遠景の山々は特有の見えかたをするわけでは無いが、地上よりもうんと観測しやすくなっているというわけである。

### (3) “ダイブゾーン” の提示

本章では、函館空港のアプローチを例に、着陸進入時の航空機の機窓景観においてみられる山岳の見えかたの可能性を考察した。その結果、垂直移動と水平移動の同時発生、すなわち、降下と旋回が同時に起こるようなときに、近景にある山岳の見えかたの変化がより明確に表れるような現象が発生していることがわかった。

これは、機窓景観特有のものであると言ってよいだろう。以降、このような降下と旋回がおおむね同時に発生する区間およびその時間帯を、本研究において“ダイブゾーン”と呼称する。なお、命名の由来は、狩りをする鳥が、直上から獲物に向かって旋回しながら降下する動きからなぞったものである。

## 3. 機窓にみる山岳景観の変化の記述方法の開発

### (1) “タイムライン” の導入

ここまで航空機からの景観における山岳の見えかたについて一考し、航空機の降下と旋回に起因する見えかたの遷り変わりが機窓景観における特徴であると結論づけたが、2章の内容では言葉と写真による説明にとどまってしまう。また、ダイブゾーンの特異的な景観体験についても、言葉だけではどこか説明不足である。

そこで、対象とする山岳の可視不可視や見えかたのパラメータを、航空機の位置や状態を示すパラメータと同じ時間軸上に並べて表示することで、航空機からの景観体験をなるべく数量的に表現し比較できないかと考えた。本研究ではこれを“タイムライン”と呼称する。

時間軸については、着陸時を  $t = 0$  とし、着陸までの時間を  $t$  とする。また、原点を右端に設定した。このようにすることで、左から右方向に見ながら変化を追うことが可能となる。

### (2) タイムラインに使用するパラメータ

#### a) 航空機の位置や状態を示すパラメータ

航空機の位置や状態を示すパラメータとしては、高度  $h$  とバンク角  $\xi$  を選択した。対象の山岳をどの高さから見るかによりその見えかたが異なるはずであり、特に着陸進入時には降下しているか否かが重要となってくる。それらの確認に高度  $h$  が用いられる。一方で、バンク角  $\xi$  は航空機が旋回状態にあるかを表しているパラメータである。なお、本研究では航空機後方からみて左に傾い

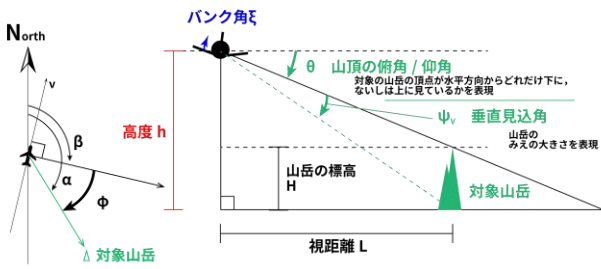


図-4 各種パラメータ

たときの角度を正としている。すなわち、プラスであれば左旋回、マイナスであれば右旋回をしていると捉えればよい。対象との距離 $L$ については、対象が遠くにあるのか近くにあるのか、すなわち、遠景になるのか近景になるのかの具体的な指標となるはずである。ただ、これについては後述する2つのパラメータで推測可能で、今回、パラメータとしては除外した。

#### b) 対象の見えかたを示すパラメータ

対象の可視不可視についてはグラフの表示/非表示で示すこととした。詳細には、人間の視野や機窓の大きさなども考慮した結果、可視範囲を水平角 $\phi \pm 45^\circ$ とし、その範囲におさまる場合を可視とした。なお、対象の方位角が $\alpha$ 、視線方向（機首方向と垂直、左右で反対になる）の方位角が $\beta$ である図-4のようなとき、水平角 $\phi$ は次のように求められる。

$$\phi = \begin{cases} \alpha - \beta + 360^\circ & (-360^\circ < \alpha - \beta < -180^\circ) \\ \alpha - \beta & (-180^\circ \leq \alpha - \beta \leq 180^\circ) \\ \alpha - \beta - 360^\circ & (180^\circ < \alpha - \beta < 360^\circ) \end{cases} \quad (1)$$

可視不可視は、いたって単純な事象だが、航空機の機首方位や旋回によってその可視時間が変わるのダイブゾーンの項で述べた通りである。グラフの長短も考慮に入れるとよい。

見えかたのパラメータは山頂の俯角/仰角 $\theta$ と垂直見込角 $\psi_v$ の2つで表すこととした。

$\theta$ は対象の山岳の頂点が水平方向からどれだけ下に、ないしは上に見ているかを表す数値である。対象までの視距離が $L$  [m]、対象の標高が $H$  [m]、航空機の高度が $h$  [m]である図-4のような状況の時、 $\theta$ は次のように求められる。

$$\tan \theta = \frac{H - h}{1000L} \quad (2)$$

この通り、プラスが仰角、マイナスが俯角となるように設定している。また、飛行機が旋回する際にはバンク角

$\xi$ の分だけ視線方向は上下するが、その間も人間の感覚的には水平方向を基準に判断すると仮定し、今回は $\theta$ の値に含んでいない。

樋口は $\theta = -10^\circ$ 付近が俯瞰景における中心領域、 $\theta = -30^\circ$ 付近が俯瞰景の下限である<sup>9)</sup>とまとめている。しかしながら、様々な山で視点を動かしてみると、 $\theta$ が $-20^\circ$ を下回ると山頂が山体に取り込まれて見えなくなることが多いように見受けられる。実際、中村(1984)が視点高の降下により山の輪郭が見えてくることを示した際に使用した図<sup>7)</sup>をみても、その傾向が見て取れる。本項の定義に従って $\theta$ を計算してみると、おおむね $-20^\circ$ までは山頂が埋もれて見えている。一方、仰角範囲においても樋口(1975)<sup>9)</sup>などに言及があるが、そもそも航空機の通るルートは山岳を避けて引かれているため、 $+5^\circ$ を超えることはまれであろう。

垂直見込角 $\psi_v$ はまさに山岳のみえの大きさを表すパラメータである。山の垂直見込角と言っても、山頂から山の裾野までと取ることもできれば、突出している部分のみとすることもできる。本研究は図-4のように山頂から水平面に降ろした垂線の足までの直線の見込角とした。これは、山の水平方向の拡がりやを考慮すると、航空機的位置によって変わる要素を考慮しなければならなくなり、計算が煩雑になってしまうからである。図-4のようなとき、 $\psi_v$ は以下のように求められる。

$$\psi_v = \theta + \tan^{-1} \frac{h}{1000L} \quad (3)$$

なお、この $\psi_v$ は立式を見てもわかるように、視距離と対象のスケールの比で変わってくる数値である。例えば、対象のすぐ近くを航行するのであれば急増急減する一方で、対象が遠い場合はなだらかな山なりのグラフとなる(図-5)。

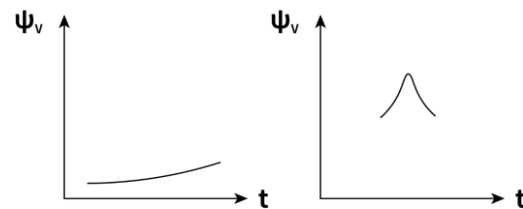




図-5  $\psi_v$ の挙動

(左：対象が遠い時 右：対象が近い時)

山の見えかたに関する2つのパラメータはそれぞれ、 $\theta$ は $0^\circ$ よりも大きいのか小さいか、 $\psi_v$ については対象が近いのか遠いのかという判断になる。これらをまとめると表-1のように、見えかたの分類ができるだろう。対象に近い

表-1 山岳の見えかたの分類

		対象の頂上が自身よりも <b>低い</b>	対象の頂上が自身よりも <b>高い</b>
		$-20 < \theta < 0$	$\theta > 0$
対象が 近 い	 $\psi_v$ 急増急減 可視時間：短	<b>俯瞰</b> 模型をみつめるような見かた 山体全体を眺めることが可能	<b>仰観</b> 大地視点に近い見かた 山並み線もみやすくなっている
対象が 遠 い	 $\psi_v$ ほぼ変化無 可視時間：長		<b>遠景</b> 可視可能性は大地視点よりも増える ほとんどの場合で山並み線を認識可

場合は、 $\theta$ の値によって見えかたは大きく変わってくる。 $\theta$ がマイナスの場合は、山並み線というよりも、山体全容が把握できるような、まるで山岳の模型をみつめているかのような見かたとなる。反対に、 $\theta$ がプラスとなれば大地視点に近い見かたで、山並み線も認識しやすくなっているだろう。また、視点によって相貌も大きく変わってくるはずである。ただ、実際のところは $\theta = 0^\circ$ で見えかたが大きく区切られるわけではなく徐々にうつり変わっていくものである。そのグラデーションは図-2や図-3で確認できる通りだ。タイムライン上では $\theta$ の変化を追うと良いだろう。一方の対象が遠い場合については、そもそも $\theta$ が大きくマイナスになることはほとんどないはずだ。また、先述の通り大地視点とあまり変わらないことが多く、タイムライン上での判断は可視不可視にのみ着目することになるであろう。

c) 実際のタイムライン上での表記

本節の最後に、ダイブゾーン中の見えかたについて、2章で記述した特徴がタイムライン上ではどのように表されるかの言い換えをしておく。判別方法としては、高度 $h$ のグラフがマイナスとなっていて、かつバンク角 $\xi$ の絶対値が0ではないことを確認できればよい。ダイブゾーンが特異的な景観体験を有する理由は「旋回することにより可視時間が延長され、俯角・仰角の変化を観測できる可能性が高まるから」であった。このことはタイムライン上では次のように言い表されるだろう。可視時間が延長されるという内容は、単純にグラフの線が伸びることである。一方の俯角・仰角の変化は $\theta$ 値の正負が変わることと同義である。

図-6に2章で扱った旋回アプローチにおけるタイムラインを示す。

最上段のグラフは航空機の状態を表している。高度 $h$ より航空機の降下状況がわかる。今回はタイムラインに記述した時間帯全体でおおむね降下しているようだ。また、バンク角 $\xi$ より、機体の旋回状況について、着陸4分前から2分前にかけて右旋回をしていると判定できる。降下と旋回が同時に発生するダイブゾーンは、着陸4分

前から2分前において発生していることが読み取れる。

図-6ではダイブゾーンを灰色の網掛けで表現した。

一方、下2段は全て山の見えかたについての指標である。函館山の見えかたについては、赤色で示した。函館山にのみ着目すると、次のようなことがタイムラインから判定することができる。

- 函館山は着陸5分前以降に観測可能で、その後のダイブゾーンにより可視時間が延長されていること。
- 垂直見込角 $\psi_v$ より、函館山の近いところを飛行して見えが大きいこと。
- 着陸1分半前において $\theta$ の正負が変わっていること。

(3) タイムラインに掲載する山岳の選択方法

前節では函館山のみに着目したが、視距離 $L$ 、山頂の俯角・仰角 $\theta$ 、垂直見込角 $\psi_v$ において、他の山々を同時に記載することで、その進入ルートの中の見えかたの大観を表現できるはずである。ただし、その山の選定理由が恣意的では実用性に乏しい。故に本節ではタイムラインに掲載する山の統一の選定方法について提案を行う。結論から述べると「観光サイト」、「チャート」、「地理院地図」のうち2媒体以上で掲載もしくは表記のあるものを採用することとした。

この3媒体への掲載は表-2のようにそれぞれ違った意味合いを持つ。

表-2 各媒体に掲載・表記される意味合い

観光サイト	世俗的 / 地上の居住地域から認識しやすい / 大小様々
チャート	運航上留意すべき障害物として空中から認識しやすい (山アテ) / 比較的空港に近い
地理院地図 (1/10万 縮尺地図 (00万分))	地形的に周囲の中で目立って高い ※50km以内

機窓から特徴的に見える山岳には、地上視点におけるものとは異なる要素がある。無論、観光サイトに掲載される山岳は世俗的に知名度が高く、認識できれば注目を集めると期待できる。しかしながら、その山岳が「小高い」と表現されるような標高の低い山岳だった場合、機窓景観においてはスケールの小規模なため、有効的に観測できない可能性があるのである。一方、チャートに表記がある山岳は比較的パイロット視点で視認しやすく、乗客にも通じて観測されやすいはずだが、その山が普通知られないような山であれば、よっぽど目立っていなければ注目を集めることはないだろう。すなわち、媒体1つに取り上げられていたからといって、景観上注目されるわけではないため、両者で掲載されている山岳を選定することで、有効に観測される可能性のあるものに絞って

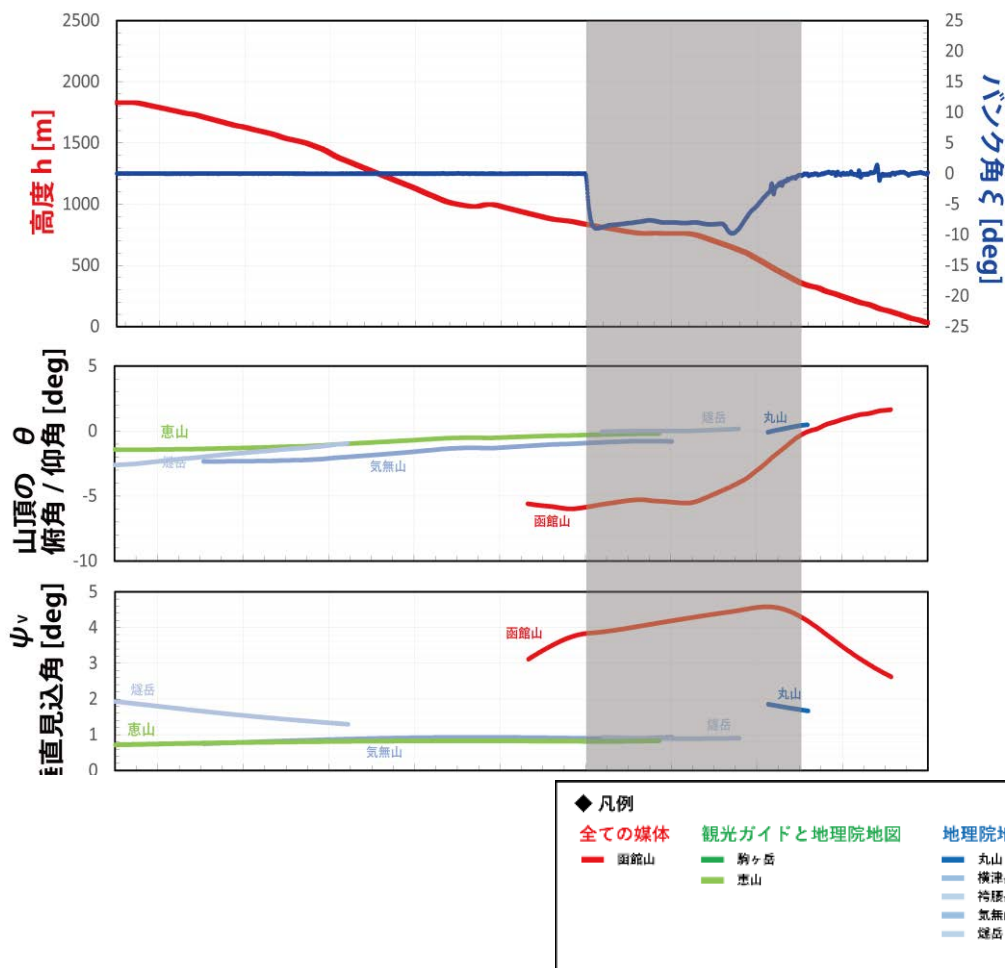


図-6 函館空港における旋回アプローチ中のタイムライン

検討をすべきであろうという観点からこのような選定方法となった。なお、以上までの理由だけみれば地理院地図を参照しなくてもよいと見受けられるが、チャートの表示範囲が30~40kmほどであり、遠景の山岳を十分に表示できなくなってしまうため、補助的に選定のための媒体に追加した経緯がある。

掲載・表記のパターンは $2^3 = 8$ 通りあるが、今回は先述の通り、2媒体以上で掲載・表記のある4パターンを選定することとする。それぞれ要素の意味合いが異なってくるはずのため、色系で分類することとした。表-3にその一覧を示した。

表-3 山岳の特性分類

	観光サイト	チャート	地理院地図
赤系	○	○	○
黄系	○	○	×
緑系	○	×	○
青系	×	○	○

図-6は以上の選定方法に従って函館山以外の山岳も追加で掲載したタイムラインであった。今回例示した函館

空港の旋回アプローチのタイムラインはこれで完成となる。実用上の考察は4章で行うこととして、ここでは見方に絞って話をしたい。まず、函館空港における対象の山岳をプロセスに従って選定すると、黄系に該当するものはなかった。また、赤系に該当するものも日々から扱ってきた函館山のみである。他は地理院地図に表記のある緑系または青系の山岳であり、それらの $\theta$ をみると、どれも $0^\circ$ 近くを継続し、遠景に見えていることがわかる。

以上が、機窓にみる山岳景観の変化の記述を目的に開発したタイムラインの説明である。図-7には、作成のフローチャートを示しておいた。

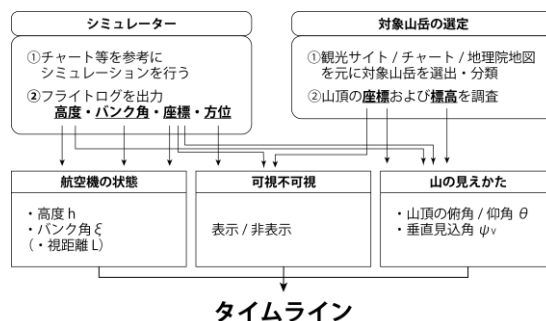


図-7 タイムライン作成のフローチャート

#### 4. タイムラインによる機窓の山岳景観の記述例

##### (1) 進入コース毎のタイムラインによる比較検討

本章では、3章で開発したタイムラインを実際に用いて、ルート毎の比較を行う。4.1においては函館空港の同一滑走路（RWY12）に着陸する3つの進入経路間での比較、4.2においては3つの空港間での比較を行っている。AIS JAPANに掲載されているチャートをもとにシミュレーションを行ったが、1章においても述べている通り、気象や空港の混雑状況により、速度・高度については制限内で様々となっている。そのため、このタイムラインに示した通りに航空機が飛ぶ保証はないが、なるべく一般的な飛行を心がけたため、このタイムラインのように見られる確率が高いと捉えてほしい。

2章、3章で扱った函館空港の旋回アプローチ（以降、③RNP進入）を含む、RWY12に着陸する①VOR進入、②ILS進入、③RNP進入の3方式のルートでそれぞれタイムラインを作成し比較検討を行う。なお、比較にあたって、同一ウェイポイント（TAXIR）からの進入としている。ただし、開始高度は方式によって制限が異なるので必ずしも同一ではない。航空管制上での名称はそれぞれ、①が「VOR RWY12」、②が「PATRA SOUTH ARRIVAL」→「ILSZ RWY12」、③が「RNP Y RWY12 (AR)」である。

検討の前に、各3方式について、国土交通省HPの用語集 ([https://www.nlit.go.jp/koku/15\\_bf\\_000320.html](https://www.nlit.go.jp/koku/15_bf_000320.html)) や資料 (<https://www.nlit.go.jp/koku/content/001493843.pdf>) を参考にしながら航空管制の観点からの説明を入れておく。なお、図-8にそれぞれのルートを地図上で示している。方位角の情報等、アプローチの詳細はAIS JAPAN等で実際のチャートを参照いただきたい。

①VOR進入では、空港等に設置された超短波全方向式無線標識施設（VOR：VHF Omnidirectional Radio Range）と距離情報提供装置（DME：Distance Measuring Equipment）からの情報をもとに進入する。VORとDMEは同一に設置されていることが多く、これらの機器類をまとめてVOR/DMEと呼称されている。航空機は対象のVOR/DMEの方位角と距離をもとに定められたルートを飛行して滑走路と正対する。そのため、VOR/DMEを中心とした放射線上のルートとそれらを結ぶベースターンでアプローチコースが形成される。なお、本空港のVOR/DMEはHWEと表記される。

②ILS（Instrument Landing System）進入では、滑走路への進入コースの中心から左右のずれを示すローカライザー（LOC）と適切な進入角を示すグライドスロープ（GS）を主に使用して最終進入を行う。滑走路の延長線上に伸びるローカライザーの指向性電波をとらえるため、ルートとしては直線的になる。精密進入であり、最低降下高度

（MDA：Minimum Descent Altitude）が低く、悪天候などの低視程でも進入が可能な方式である。

③RNP（Required Navigation Performance）進入では、測位衛星からの信号を元に、航空機に搭載されたコンピュータが自機の位置を把握しながら計算して飛行する。任意の座標をウェイポイントとして設定できるため、柔軟性の高い経路設定が可能である。そのため、②ILS進入と比べて曲線的なルートが設定されることがある。

この3方式はすべて計器飛行方式（IFR：Instrument Flight Rules）による進入形式であり、おおむね①VOR進入→②ILS進入→③RNP進入の順で開発されている。現在の航空管制において、今回対象とする旅客機の進入形式は②ILS進入と③RNP進入が主流で、①VOR進入が選択されることはまれである。

図-9に3つのタイムラインを並べたものを示した。まず、高度 $h$ とバンク角 $\xi$ に着目すると、①VOR進入、②ILS進入においては降下と旋回が同時に発生するダイブゾーンが存在していないことがわかる。一方、周知のように③RNP進入では、図-9において網掛けで強調してあるように、ダイブゾーンが存在する。

さて、赤線で示した、この空港に着陸する航空機からは特徴的に観測されると予想される山岳である函館山に焦点を置いてタイムラインを追ってみる。すると、どの方式でも $\psi_V$ が $3^\circ$ 以上となっていて、機窓景観上特徴的な山岳がまさに大きく見えていることがわかる。可視時間に着目すると、ダイブゾーンのない①VOR進入と②ILS進入に比べ、③RNP進入ではその時間長が倍になっていることがこのタイムラインからみて取れよう。①VOR進入では1分半程度、②ILS進入では2分程度なのに対し、③RNP進入では4分超の時間で眺めることができる。旋回により引き伸ばされている間では、 $\theta$ はあまり変化せず、 $\psi_V$ は漸増しているようだ。なお、旋回終了後は②ILS進入と同じ見えかたとなる。一方、①VOR進入は他の2つと比べて急な変化をしている。また、 $\theta$ がマイナスからプラスに転じている、すなわち俯瞰から仰望と変化するという機窓景観特有の体験はどのルートでも観測は可能なようだが、 $\theta = 0^\circ$ となる時点の $\psi_V$ は①VOR進入が最も大きい。すなわち、最も見えが大きい状態で観測できているのは①VOR進入であるということが読み取れる。

以上の函館山に着眼した比較は以下の表-4のようにまとめることができる。函館空港のRWY12に着陸する場合には、 $\psi_V$ の値を見るとどのIFRルートをとっても有効に函館山を観測できることが期待される。ルートごとに比較すると、①VOR進入では函館山は忙しく大きく現れるのに対し、②ILS進入では比較的穏やかに観測される。②ILS進入の観測時間を倍に伸ばしたものが③RNP

表4 函館山の見えかたの3ルート比較

	①VOR進入	②ILS進入	③RNP進入
可視時間	約1分半	約2分	約4分
$\theta$ の範囲	-4.5° →+1.5°	-3°→+1.5°	-6°→-6° →+1.5°
$\psi_v$ @ $\theta = 0^\circ$	4.5°	4°	4°
$\psi_v$ の範囲	3°~5.5°	2.5°~4.5°	3°~5.5°
$\psi_v$ の変化	急	やや急	おだやか→② と同

進入であり、ダイブゾーンの存在が函館山をよりダイナミックにみせているということができよう。

一方、他の山々に着目すると、丸山を除くほとんどの対象が、 $\theta$ が $0^\circ$ 近くの遠景に見えていることがわかる。

①VOR進入では途中大きく曲がることから、緑系や青系の山岳が途切れ途切れ観測できるようだ。②ILS進入では南側に遠回りのルートを取ることから、空港からみて北から東方向に分布する緑系や青系の山岳が長い時間にわたり継続して観測できている。一番小回り経路の③RNP進入では、①VOR進入、②ILS進入で観測できている山岳が可視範囲に入っていないようである。これらのことから、遠景の山岳は②ILS進入が一番安定してみることができると言えるだろう。ただ、これまでの考察にある通り、遠景の山々は大地視点での見えかたに近く、機窓景観特有とは言い難い。

## (2) 空港毎のタイムラインによる比較検討

前節にてダイブゾーンのあるRNP進入の景観的観点の有効性が示された。そこで、本節では、他空港のダイブゾーンのあるRNP進入のタイムラインを作成したうえで比較し、ダイブゾーンの見えかたについて考察を深めるとともに、タイムラインの有効性について更なる検討を行いたい。

AIS JAPANで公開されているRNP進入のチャートの中から、ダイブゾーンのあるものを選び、かつ周辺の山岳の分布をみて十分な検討が行えると見込める空港を対象とする。今回は、函館空港に加え、山形県の庄内空港、愛媛県の松山空港の3空港を選定した。座席の左右については、旋回時の内側とした。図-12が3空港のタイムラインの比較である。図-10に庄内空港のルート図-11に松山空港のルート図をそれぞれ示しておいた。

庄内空港では、鳥海山や月山をはじめとして、多くの山々が遠景に見えている。一方で、着陸間際に見える赤系の高館山はダイブゾーンを通して比較の見えの大きいまま観測されている。また、俯角であった $\theta$ だが、ダイブゾーンにより可視時間が引き伸ばされた結果、マイナスからプラスへ転じるタイミングまで観測ができている。

松山空港では、高松山（睦月島）、釣島、伊予小富士の見えかたが特徴的であろう。高松山、釣島、伊予小富士の順で観測されるが、高松山と釣島は視距離の近さと

標高の低さ故に、かなりの仰角で見ることになっている。しかしながら、ダイブゾーン中も観測される釣島の方が、可視時間が引き伸ばされており、俯瞰域ながらも比較的有効に観測されているのではないだろうか。また、伊予小富士においては視距離と標高のスケールが丁度良く、かつダイブゾーンを挟んでいることから、函館空港における函館山や庄内空港における高館山のように、みえ $\psi_v$ が大きい状態で $\theta$ の俯角から仰角への移行が観測できている。

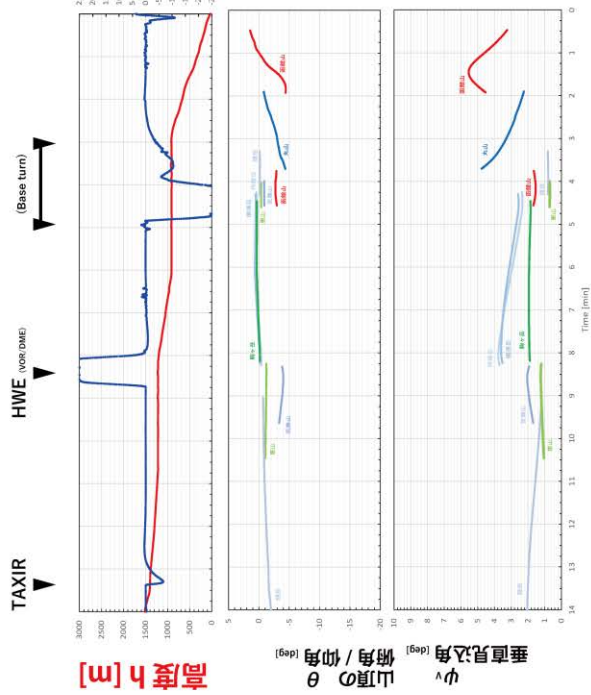
以上により、選択した3空港いずれにおいても、ダイブゾーン中に山岳が特異的に見られる場合が発見され、かつタイムライン上で確認することができた。

3章で機窓景観上での山岳の分類を提案したので、それらがどう表れているかについてもみることにしよう。先の考察で、ダイブゾーン特有の見えかたをする山岳は赤系の函館山と高館山、黄系の釣島と伊予小富士であった。この両系は観光ガイドおよびチャートに明記がある点で共通しており、これら3空港のRNP進入ではそれぞれダイブゾーン中に、丁度良いスケールで世俗的に有名である山を観測できる点で機窓景観上優れていると言えるだろう。一方、遠景となっている山岳は赤系、黄系、緑系、青系どの山でもみられるが、緑系は $\theta$ がプラスとなっている傾向にあり、反対に、黄系で遠景の山岳の $\theta$ はマイナス域にとどまっていることが多い。この傾向の違いは視距離と標高の違いによるものだろう。チャートの描画範囲はおおむね30kmから40kmほどであることから、チャートに掲載されていない緑系の山はそれよりも遠くにあり、一方で著名で標高もある山という特性を考えれば、そして、黄系も反対に考えれば、タイムライン上ではこのように表れるというのも理解できよう。

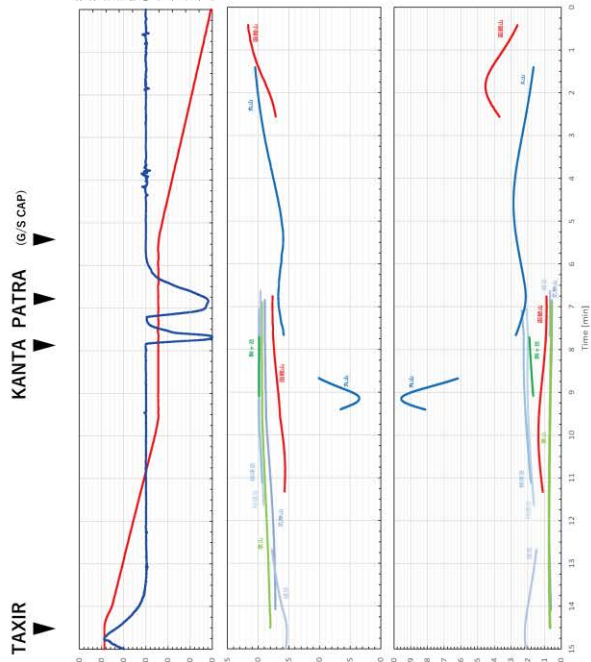
## (3) 小括

本章では、3章で開発したタイムラインの実用性について、具体例を出して比較することでその検討を行った。4.1節ではルート毎に比較を行い、各ルートの特性をタイムラインから判断することができた。また、4.2節では空港毎に比較を行い、こちらでは空港毎の比較や、RNP進入に共通した特性を見出すことができた。4.1節における函館空港を事例としたルート毎の比較や4.2節で扱った各空港のRNP進入におけるダイブゾーン中の巻き込む位置にある山岳の見えかたには、やはり2章で挙げたような機窓景観特有の変化がみられることが確認できたということである。さらに3.2節で提示した、山岳の特性分類ごとの見えかたの違いと傾向についてもタイムラインを分析し考察することができた。

① VOR 進入 (VOR RWY12)



② ILS 進入 (PATRA SOUTH ARRIVAL / ILS Z RWY12)



③ RNP 進入 (RNP Y (AR) RWY12)

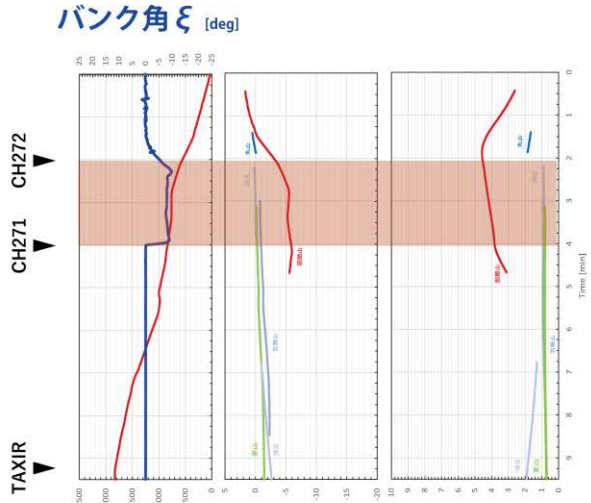


図-9 函館空港に至る3方式のルートのタイムライン

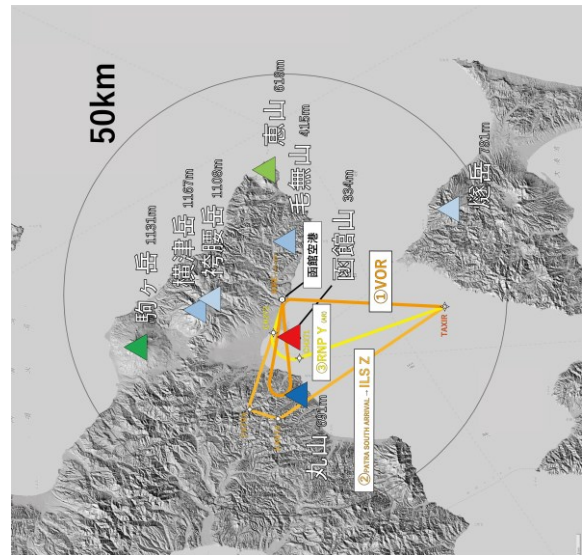


図-8 函館空港に至る3方式のルートと対象山岳の位置  
(地理院地図を加工して作成)



## 5. 結論

### (1) 本研究で判明・達成したこと

機窓景観を記述するにあたり、山岳の見えかたに着目して分析を行った結果、本論では次の成果が得られた。

- ① シミュレーションによる分析で着陸進入時の機窓の山岳景観の変化を確認し、特徴的な見えかたが発生する“ダイブゾーン”の存在を提示した。
- ② 機窓景観の表現手法である“タイムライン”の開発により、ダイブゾーンの存在や有効に観測できる山岳の存在を数量的に判断することができるようになった。
- ③ タイムラインによる複数の空港やコース毎の比較検討の展望を示した。

総じて、本研究により、機窓景観を景観学的観点から考察するための提案と検討がなされた。

### (2) 今後の課題と展望—昨今の航空行政を踏まえて

機窓景観というテーマをひも解くには、まだまだ考慮しなければならない要素が非常に多い。

本論では鉛直性の地形要素である山岳を対象としたが、水平性の強い地形要素の研究もなされるべきである。先にも挙げたが、汀線などがその例にあたるだろう。これらは国土景観を構成する要素である。その際には、今回扱った垂直見込角 $\psi_V$ ではなく、水平成分である、奥行方向見込角 $\psi_D$ や左右方向見込角 $\psi_H$ といったパラメータが考慮されるべきである。

飛行中に着目する要素が大地形だけというわけではないだろう。函館空港であれば、五稜郭や函館港といったランドマークに注目が集まるであろうし、道路や線路、河川といった地上に描かれたライン状の要素も注視されるだろう。また、徐々に地面が近づくとあれば、漠然と“まち”と捉えていたものも、街区単位、一戸単位と卓越する認識スケールがうつりかわるはずである。これらも、奥行方向見込角 $\psi_D$ と人間の標準的な注視野の角度を比較し検討すれば、その関連性を見出すことが可能だと考えられる。

以上のように、機窓景観を分析するためには準備的研究がまだまだ必要な状況である。また、機窓景観はシーケンシャルな一面もあり、実験的検証を行う必要もあるだろう。

最後に、機窓景観が研究されることによる展望を示してこの研究の結びとする。

4章にてダイブゾーンのある進入ルートとしてRNP進入を扱ったが、このRNP進入は自由に経路が設定できる

ことから、時間短縮を見込んで旋回進入のルート設定がなされているという経緯がある。マニュアル操縦での旋回進入はパイロットへの負担が高かったのだが、GNSS技術の発達によりオートパイロットでの進入が可能となったことから、近年導入が進んできた。景観論的に注目したいのは、この最新の進入方式が図らずもダイブゾーンという機窓景観特有の体験を創出しているということだ。無論、航空行政においては安全と効率が最優先され、景観的観点はあまり考慮されないのだが、現状の方針では実のところ両立が可能なのである。景観的にも優れた飛行経路を設定できれば、航空会社としても単なる輸送とは違った価値を見出し、提供することができるというメリットがある。確かに、進入方式や着陸滑走路は、空港の気象条件などにより直前に決定するものであり、事前から狙った景観を観測できる保証はできないだろうが、それもまた一つの魅力である。タイムラインによる分析は事前に可能であり、そのデータベースをもとに、搭乗客に案内することも可能かもしれない。

現代特有ともいえる航空機の搭乗による着陸進入時の機窓からみる景観は、眺望が保証されながらも、地表における大地形の見えかたの面白さを思い起こさせるきっかけとなりうるはずだ。本研究がその現象をひも解く足掛かりとなることを願うばかりである。

**謝辞：**本研究は概ね2022年度に行われたものである。当時、齋藤潮先生には終始的確なご指導を頂き、大変お世話になった。この場をお借りして深謝申し上げる。

### 参考文献

- 1) 中村良夫：交通行動に関連した景観体験の空間意味論的考察，国際交通安全学会誌，Vol.5，No.2，pp.52-61，1979.
- 2) 中村良夫：大地の低視点透視像の景観論的特質について，土木計画学研究・論文集，1巻，pp.1-10，1984.
- 3) 中村良夫：風景学入門，pp.28，中央公論社，1982.
- 4) 前掲3，pp.31.
- 5) 中村良夫：大地の低視点透視像の景観論的特質について，土木計画学研究・論文集，1巻，pp.1-10，1984.
- 6) 前掲3，pp.28.
- 7) 前掲5，図-6や図-7など.
- 8) 齋藤潮：名山へのまなざし，講談社，2006.
- 9) 樋口忠彦：景観の構造，技報堂出版，1975.