

4. GPSに基づく自機周囲の地形と景観の照合

電子航法開発部 ※住谷 泰人 白川 昌之 小瀬木 滋

1. はじめに

EVS(Enhanced Vision System:エンハンスド・ビジョン・システム)や SVS(Synthesized Vision System:シンセサイズド・ビジョン・システム)は、視程が悪い場合に、パイロットの負担の軽減や周囲の状況把握等に役立つことが期待されている。

これらのシステムは、可視光線や赤外線センサ等による取得画像の映像、コンピュータグラフィックスを用いた自機の航法情報の表示画像のほか、それらの画像と自機周囲の景観との融合画像をパイロットに提供できる^[1]。融合画像を作成するには、周辺の表示対象物を自機から見た正確な位置関係の画像で表示するため、航法情報を取得した時刻やその時の自機の位置を正確に知る必要がある。位置情報等の正確さは、Differential GPS (D-GPS)を用いた実験用EVSを既に構築し、自動車に搭載して走行実験(以下、地上走行実験)を行い、検討してきた^{[2],[3]}。

この実験用EVSを改良して当研究所の実験用航空機に搭載し、飛行実験を行った。飛行実験の結果と、実験により取得できたGPSからの時刻と位置の情報(以下、GPS情報)をもとに自機の周囲の地形を3次元画像で作成し、実験時に同時取得した景観の画像と照合した結果について報告する。

2. 飛行実験

2.1. 実験システム

飛行実験に使用した実験用EVSの構成を図1に示す。実験用EVSでは、可視光線センサと赤外線センサを用い、撮影している景観の画像(以下、外景画像)をビデオ録画するとともに、その静止画像をコンピュータに取得できる。コンピュータはGPS受信機とも接続し、さらに、GPS受信機はビーコン受信機と接続している。ビーコン受信機は、海上保安庁のD-GPS局から放送されているGPSの位置補正のためのDifferential情報を受信し、GPS受信機からコンピュータへの出力情報をGPS単独の情報か

らD-GPSの情報にする。

2.2. 実験概要

実験用EVSを当研究所の実験用航空機(Beachcraft社製B99)に搭載し、平成12年11月に飛行実験を行った。実験用EVSのセンサ(可視光線センサと赤外線センサ)は、実験用航空機の右後部のカメラ穴に取り付けた。GPS受信機やビーコン受信機に接続するアンテナは、機体上部に設置されている。図2に実験用航空機とカメラ穴の位置を、図3に航空機の下から見たカメラ穴と取り付けしたセンサを示す。

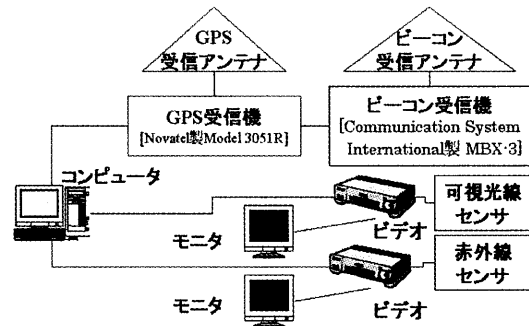


図1 実験用EVS構成図



図2 実験用航空機とカメラ穴の位置

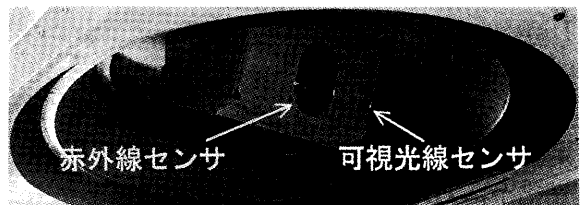


図3 カメラ穴とセンサ

カメラ穴の構造やセンサ機材の大きさ等の関係上、赤外線、可視光線センサともに前方または左方のみ撮影でき、両センサの光軸は水平面に対して下方に約 25 度の角度で機体に取り付けられている。

実験した経路を図4に示す。図中、経路1は仙台空港離陸後、東北自動車道上空、花巻空港及び青森空港上空を通過し、函館空港に着陸、経路2は函館空港離陸後、三陸海岸沿いを南下して仙台空港に着陸、経路3は仙台空港を離着陸し、三陸海岸沿いを往復飛行、経路4は仙台空港周辺の飛行である。経路1、2は前方を、経路3、4は側方(左方)を撮影できるようセンサを取り付けた。

GPS情報は毎秒1回取得し、GPS受信機の測地系は東京測地系に設定した。また、ビーコン受信機は常に Differential 情報を受信できる状態にした。

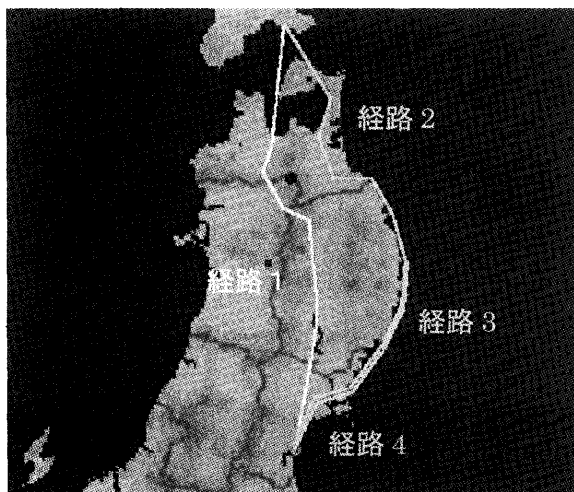


図4 飛行実験の経路

2.3. 実験結果

GPS情報は23398秒(6時間29分58秒)中に、22665個取得できた。旋回中に、GPS情報を取得できない場合が見られた。このうち、D-GPSの情報として16795個取得できた。Differential情報を取得できなかった場所は、山間部やDifferential情報の放送エリアの境界付近であった。

それら取得できなかった場合を除くと、地上走行実験時と比較して、Differential情報の有無にかかわらず、ほぼ設定した取得間隔でGPS

情報を取得できた。これは、コンピュータの性能向上と、地上に比べ電波が届きにくい山陰等が上空にほとんどないためと考えられる。

3. 3次元画像の作成

GPS情報を取得した自機の位置を中心とする周囲の地形の高度情報を、国土地理院刊行の地図データ⁴⁾から取得し、自機と周囲との位置関係を求めることにより、自機周辺の地形を3次元画像で表示するプログラムを作成した。

この地図データは、実距離で約50mの標高点間隔の標高値が記録されている。

3次元画像を表示する際は、背景となる外景画像が適切に見えるように融合し、自機から見た位置関係を正確に表示できるように、図5に示すメッシュ状の画像で作成した。

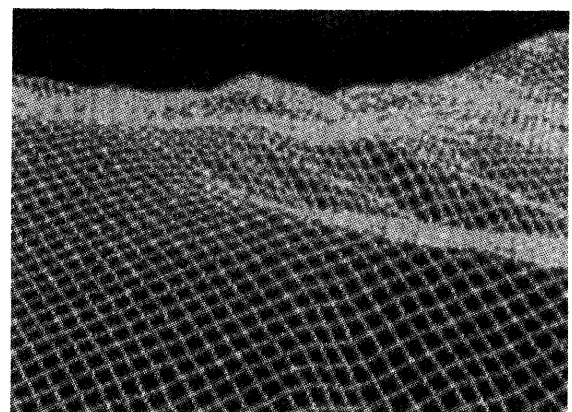


図5 メッシュ状の3次元画像

4. 3次元画像と外景画像の照合

4.1. 照合の概要

GPS情報はほぼ毎秒取得できていたため、補間による位置情報の修正を行わずにそのまま使用し、GPS情報内の時刻情報に基づき、毎秒1回、3次元画像を作成した。直前に取得したGPS情報の時刻と1秒よりも大きな差があり、3次元画像が作成できない場合は、直前の3次元画像のまま表示し、時間合わせを行った。

今回の照合では、図6に示すよう、飛行実験時にビデオ録画した外景画像をコンピュータ上に表示し、その上に作成した3次元画像を融合して、動画である外景画像に対しての3次元画像の追尾の状況や色彩等をみる方法を用いた。なお、今回の実験では航空機の姿勢情報を用い

なかったため、3次元画像は最初の表示の際に奥行きや拡大縮小の調整を行い、外景画像に一致するよう補正した。

地図データの標高点間隔の値(約 50m)から、作成した 3次元画像の最小のメッシュの間隔(以下、メッシュ幅)の単位は約 50[m/メッシュ]になる。本実験ではコンピュータの負荷を考慮し、約 100[m/メッシュ]のメッシュ幅にし、メッシュの線分は、すべて東西方向と南北方向にした。今回の照合では、図4のうち、経路1と経路3の経路を用いた。

4.2. 実験結果

山岳等の画像の輪郭を中心にみたところ、全般にほぼ一致していた。しかし航空機の揺れにより一致していないときがあった。各場合について、以降の節に示す。

4.2.1. 前方撮影と側方撮影

撮影方向が側方か前方かの違いによって、外景画像の修正方法が異なる。地上走行実験の場合、上下動が道路の高低程度であるとすれば、2次元の変移でほぼ修正できるのに対し、航空機は、横揺れ、縦揺れ、方向が組み合わさった3次元の変移を考える必要がある。機体の右後部にカメラ穴があるために、表1に示すとおり、画像の変移が揺れ方により異なる。

図7は側方撮影の画像の照合例である。先に3次元画像の照合例として示した図6の外景画像が、横揺れのために3次元画像の下の方にずれている。

また、側方撮影の画像の照合では、外景画像と3次元画像がセンサの機体への取付け角どお

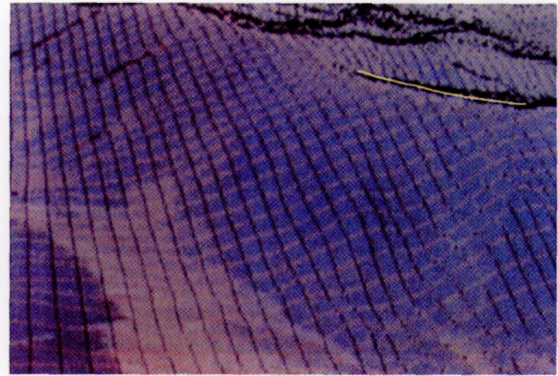


図6 3次元画像の照合例

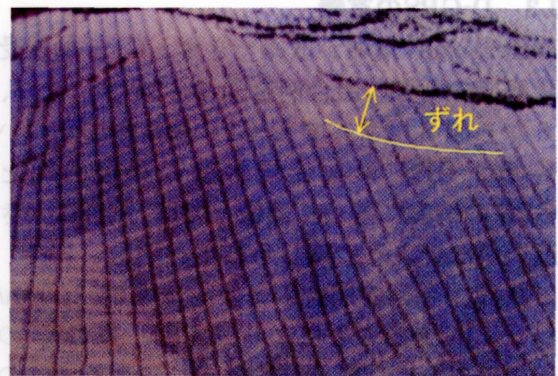


図7 側方撮影の画像の照合例
(横揺れによる不一致)

りで、ほぼ一致していたが、前方撮影の画像の照合では、取付け角よりも水平面に対して浅い23度程度の角度で一致していた。これは、航空機のピッチ角等の影響と考える。

4.2.2. 外景画像との高度差

自機の高度と、自機の位置における外景画像の標高値との差(以下、外景画像との高度差)の大小による違いの照合を行った。外景画像との高度差が大きい場合は、図6のようにメッシュが小さく、外景画像の輪郭は3次元画像と一致しているように見える。高度差が小さいと、図8のようにメッシュが大きく、メッシュの中に外景画像の起伏があり、荒い3次元画像の中に一致していない部分があるように見える。しかし本来、メッシュの交点のみが地図データの標高値であり、それ以外の部分は誤差を含むため、一致していない部分は除去して考えなければならない。高度差が小さい場合は、特にメッシュ幅を小さくし、一致部分を多くした融合画像を作成する必要がある。

表1 揺れ方と画像の変移の関係

	前方撮影	側方撮影
横揺れ	機体の重心(画面の左側)を中心とする回転の変移	上下の変移
縦揺れ	上下の変移	機体の重心(画面の右側)を中心とする回転の変移
方向	左右の変移	

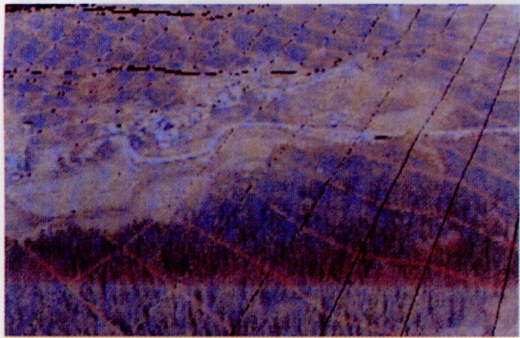


図 8 高度差が小さい場合の照合例

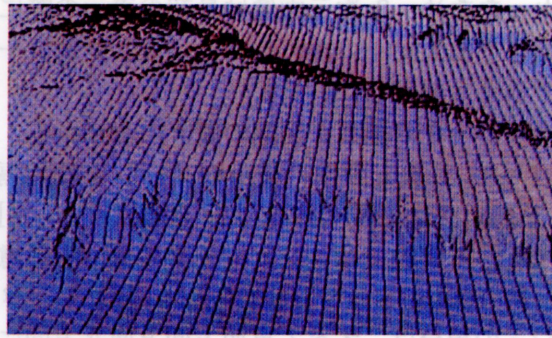


図 9 GPS 単独受信状態での照合例

4.2.3. D-GPSの有無

Differential 情報が取得できず、GPS 単独受信状態での画像の照合例を図 9 に示す。なお、図 6 から図 8 はすべて D-GPS の情報に基づいている。GPS 単独受信状態の融合画像と D-GPS の情報に基づく画像とでは、照合に大きな違いがないように感じられた。

これは、今回の照合のメッシュ幅が 100[m/メッシュ]であることにより、GPS と D-GPS の誤差の差以上に、縦揺れや横揺れによるずれの方が大きく感じられることその他、2000 年 5 月の SA(Selective Availability)解除に伴う位置精度の向上等によるものと考ええる。

4.3. 外景画像と3次元画像の色彩

外景画像は太陽光による反射や陰のほか、山岳等の季節や気候による変化がある。上空では、地上に比べ太陽の陰になる部分が少なく、非常に明るい。上空で取得した外景画像の同系色を 3 次元画像に使用すると、3 次元画像が外景画像に埋め込まれ、見えにくくなる。このため、外景画像の明るさやコントラストは、3 次元画像とバランスを取る必要がある。また、3 次元画像も外景画像と対照的な色を用いたり、外景画像にあわせてメッシュの線の太さを調整できるようにする必要がある。

5. おわりに

平成 12 年 11 月に実験用 EVS を航空機に搭載し、GPS 情報と外景画像を同時取得する飛行実験を行った。この実験で取得した自機位置の GPS 情報と、国土地理院刊行の地図データからメッシュ状の 3 次元画像を作成し、外景画像との照合を行った。

その結果、航空機の横揺れや縦揺れによる変移の際、3 次元画像がビデオ録画した外景画像に一致しない場合が見られた。また、センサの取付け方向が異なると画面の揺れ方も異なることが明らかになった。

今後は、同時取得した赤外線センサの画像を含めた融合画像による照合を行うほか、外景画像にメッシュ状の地形の画像を融合する方法では一致の度合がわかりにくい場合があるため、3 次元画像に目印となる景観の部分を加える方法も検討する予定である。また、航空機の姿勢情報についても取得できるよう、実験システムを改善したいと考えている。

[参考文献]

- [1]Sweet B.T, Tiana C.:"Image processing and fusion for landing guidance", SPIE proceedings Vol.2736, Enhanced and Synthetic Vision 1996, SPIE
- [2]住谷他:"EVS 画像融合のための地上実験の解析",平成 12 年度(第 32 回)電子航法研究所発表会, 2000.6
- [3]住谷他:"実験用 EVS を用いた地上予備実験の解析",2000 年電子情報通信学会ソサイエティ大会,2000.10
- [4]国土地理院:"数値地図 50m メッシュ(標高) 日本 II", (財)日本地図センター,1997.7
- [5]住谷他:"GPS データに基づく 3 次元画像と景観の照合実験",信学技報 SANE,2001.4

[謝辞]

本研究にご協力頂いた電子航法開発部の山本憲夫室長、山田公男主任研究官をはじめとする関係各位に感謝申し上げます。