

高度画像情報収集システムの開発

徳川 和弘¹・早本 慎也²



^{1,2}中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所 技術開発課 (〒730-0029 広島市中区三川町2-10)

本システムは、緊急時には被災状況の把握を、迅速かつ的確に行うために開発された空撮システムである。浮体は折りたたみが可能なバルーンにヘリウムガスを入れ上昇させ、撮影装置には市販のデジカメを使用したことで、持ち運びが容易となり、直轄保有の船舶にも搭載できる簡易な装置となった。

キーワード 空撮、簡易、画像伝送、浮体

1. はじめに

中国地方整備局管内では、1隻の海洋環境整備船と2隻の港湾業務艇を保有している。このうち図-1に示す港湾業務艇は、平時には港湾工事の監督業務、干潟や海岸線の調査等日々運航しているが、災害時には船舶特有の機動力を生かし、施設点検を行っている。

これまでの施設点検は、船上から護岸、岸壁等を目視にて調査を行うものであったが、側面は容易に視認できるものの、平面は近距離しか視認できないため、別途陸域からの調査を同時に行う必要があった。

しかし、それが広範囲にわたる場合には多大な時間を費やすとともに、ひび割れ、陥没などがあった場合には、危険を伴うため非常に困難な作業である。

これらの問題点を解決すべく、災害時の被災調査を迅速かつ容易に行うための空撮システムを開発した。



図-1 港湾業務艇「りゅうせい」

2. 開発の背景

地震や台風などの災害のうち、大規模なものになると道路や岸壁が亀裂や陥没を起こし、復旧には多大な労力と時間を費やすこととなる。このような大規模災害の、被災状況を把握するための主な手段としては、徒歩による陸上からの調査と、ヘリコプターなどによる上空からの撮影であったが、前者は被災状況を点で捉えることしか出来ず、面として捉えるには時間と人手を要する作業となり、また、後者は一回当たりの撮影費用が高額になることや、専門のオペレーターが必要なことから、緊急性に乏しい。

これらのことから、機動性、経済性に優れ、一般の職員でも操作可能な空撮による画像収集システムを開発することにより、現地の状況把握を容易に行えることとなる。

(1) 基本構造の整理

具体的な設計を行うにあたり、以下に示す項目を条件とした。①飛行体については、動力を要しない浮体構造とすること。②撮影装置については市販のデジタルカメラとすること。③船上から陸上への情報伝送装置については衛星電話および携帯電話経由で陸上へ伝送できることとし、画像と音声について双方向通信であること。

以上の3項目を前提条件とし設計を行うこととした。

(2) 既存システムの問題点

浮体を利用した空撮システムは、既に数種類開発されており、主に①プロペラ付飛行船型、②ロケット型繫留、③球形繫留気球、の3種類に分かれている。

いずれも陸上を想定した装置であり、船舶の航行による風圧に耐えうる設計になっていない。

3. 設計

(1) 浮体方式の検討

浮体方式については、様々な条件や制約があることから、それらに留意して設計を行った。

a) 大きさ

当局で所有している港湾業務艇に搭載できる大きさとし、収納時の大きさは、持ち運びの際にライトバンの荷台に収まる程度の大きさとすること。

b) 飛行時間

長時間の飛行が可能である様にするため、充電容量に制約のあるバッテリー方式によるものではなく、ヘリウムガスなどの気体を充填し浮上する方式を採用するものとする。

c) 対人安全性

万が一の落下に備え、浮体自体には、撮影及び画像伝送以外に不要な装置をつけないものとし、金属製の推進器などは設置しないものとする。

d) 操作性

緊急時には人員の確保が難しいため、準備時及び運用時に、それぞれ3名以下で作業が行えるものとし、操作には特殊な免許や技術が不要なものとする。

e) 法律

航空法、電波法に抵触しないものとする。

f) 費用

1回あたりの撮影費用について、従来の空撮費用より安価となるものとする。

g) 保守

メンテナンスについての費用、手間がかからないものとする。

以上の項目に留意して検討した結果、浮体方式については図-2の様なロケット型繫留気球を採用することとした。



図-2 ロケット型繫留気球

(2) 撮影方式の検討

撮影装置は、市販品で廉価でかつ以下の項目を満たすものを検討する。

また、カメラ～船上間の映像伝送装置についても併せて検討する。

a) 画質

3km先の1mの物体が識別できるものとする。

また、被写体の動き、ぶれ等があっても対応が可能であるものとする。

b) 重量

気球の全体搭載重量を考慮して、架台等の器具を含めて2kg程度で装備できるものとする。

c) 感度

雨、雪、霧以外の曇天でも撮影が可能であるものとする。

d) 時間

バッテリー等を積むことにより、長時間の撮影が可能であるものとする。

e) 操作性

リモート操作で、上下左右方向の操作が可能であるものとする。

f) 無線遠隔操作

カメラの操作については、俯仰、旋回を無線免許が不要なリモコンにおいて制御できることが確認されたため、リモコンで操作を行うこととし、ズーム、シャッターについてはPCを接続し無線LANシステムを構築し制御することとした。

g) 映像伝送

通信免許が不要であり、伝送距離が浮体の推定最高到達高度である250m+風圧による角度のロス分50mを考慮した和である300mでも可能であること。

以上の項目に留意して検討した結果、数社のデジタルカメラと2.4GHz帯の映像伝送が該当することが確認された。

(3) 情報伝送方式の検討

船上～陸上間の画像情報伝送装置については、衛星電話及び携帯電話を使用して、電子メール添付方式にて送信するもので検討する。

a) 携帯電話、衛星電話

海上においては、一部の区域で携帯電話が利用不可となる範囲があるが、通信料が安価なこと及び通信速度が速いことから、通常は携帯電話を利用し、不通区域では衛星電話に切替可能なシステムとする。

以上の(1)～(3)の検討を行い、図-3の様なシステムを構築した。

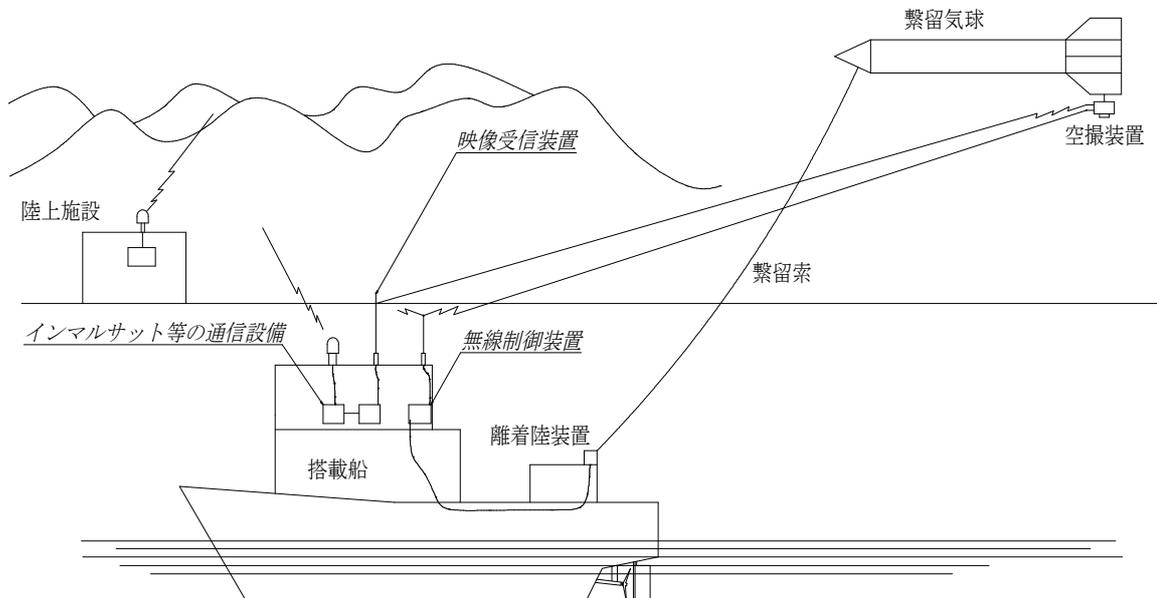


図-3 システム構成

なお、本システムは2. (2)②で述べた陸上用のロケット型繫留気球を用いた空撮システムをベースに、海上での運用が可能となるよう設計を行うこととした。

4. 実験

設計されたシステムを構築し、2日間に渡って海上実験を行った。

実験に使用した船舶は、港湾業務艇より小型である漁船を使用した。

(1) 試験項目

以下の点に注目し試験を実施した。

a) 気球の形状による安定性

ロケット型、球型の2種類の気球を高度50mに位置させ試験船で曳航する。試験船は速力を増して曳航し、気球の挙動を確認する。図-4参照

b) 繫留索にかかる張力(相対風速別)

ロケット型気球について、相対風速による繫留索にかかる引張り強度及び繫留索の安全率の検証を目的とする。図-5参照

c) 気球と繫留索の角度(相対風速別)

ロケット型気球について、相対風速毎に繫留索の角度を計測し、以下の検討に資する。

①繫留索の傾斜による船上の構造物との干渉の検証。②繫留索の傾斜による気球の実高度の算定データ収集。③繫留索と気球の偏差(気球と船舶の位置の差異)による海上障害物(橋、他船舶等)とのクリアランスを図るためのデータ収集。



図-4 速力15kt時の気球の動き



図-5 計測確認状況

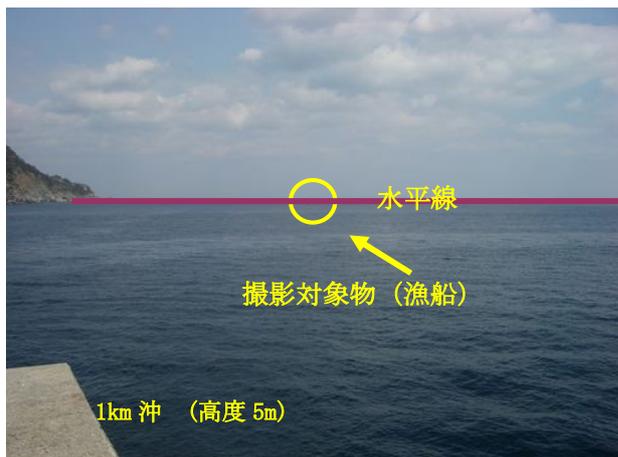


図-6-1 高度5mにおける撮影画像

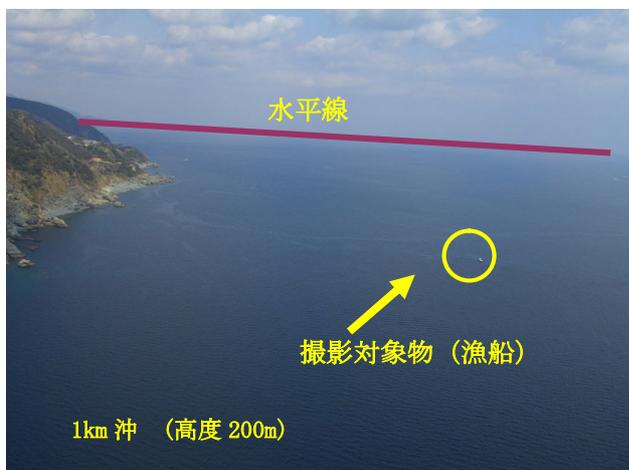


図-6-2 高度200mにおける撮影画像

d) 高度別海面状況撮影

ロケット型気球について、高度毎に海面を撮影し、高度差、気象海象条件による撮影画像の変化を把握する。図-6-1、図-6-2参照

(2) 試験結果

前述の試験項目に沿って試験を行った結果、以下の通りとなった。

a) 気球の形状による安定性

球型気球については、風速7m/sec付近で降下し着水するのに対し、ロケット型気球は風速15m/sec程度でも安定して高度を保持していた。

b) 繫留索にかかる張力(相対風速別)

計測結果により、相対風速15m/sec(船速29ktに相当)における張力は約2.5kgであり、試験に用いた繫留索(超高分子量ポリエチレン)12号/太さ0.57mmの破断力は30kgであることから十分な強度の安全率を要する

ことが確認された。

c) 気球と繫留索の角度(相対風速別)

また、繫留索の仰角は相対風速15m/secにおいて約40度を保持しており、強風時におけるロケット型気球の高度は初期設定時の高度(無風時)と比較して1/3程度降下することが確認された。

d) 高度別海面状況撮影

高度5m程度からの視野では物体が水平線上にしか見えないが、高度を上げるに従って、水平線が遠くになり、画像に奥行きが出てくるため、視野範囲が格段に広がっていることがわかった。

以上の実験結果を基に、より詳細な設計を行い本システムの実機製作を行うこととした。

実験結果による主な改良内容としては、①浮体形状、撮影装置設置箇所の見直し。②映像電送装置無線LANの一本化。③画像情報電送装置へのGPS設置。以上の3点である。

5. 実機製作・搭載

実験結果を基に、実機を製作し最終的な実験を行った。実機による実験では広島港湾・空港整備事務所に所属する港湾業務艇「りゅうせい」に搭載し、広島湾を航行した。

試験当日は天候不順により、雪、曇り、晴れとめまぐるしく変わる状況であったため、いろいろな条件での撮影をすることが出来た。雪が降っている状況では光量不足により高画素カメラの性能を発揮することが出来なかったが、晴れでは分解能の高い写真を撮ることが出来た。気球の安定性も良くなったこともあり、ズーム撮影もクリアな写真を撮ることが出来た。図-7参照



図-7 広島湾より宇品・吉島方面を望む

表-1は「りゅうせい」への機材搬入及び機材搬出所要時間の内訳についてまとめたものであるが、わずか1時間12分48秒であるため、緊急時についても十分実用可能と言える結果も出た。

なお、今回は8名の作業員で実験を行ったが、「離着陸装置の組立」「浮体のヘリウムガス充填」「パソコン操作」「無線LANの始動」「カメラの始動」「気球の放球、回収操作」上記の6項目は特に専門知識を必要とするものではなく、訓練で取得できるものである。今回の実験では指揮、記録、撮影、計測要員を除けば、気球操作要員3人、パソコン操作要員1人で作業をしており、気球操作とパソコン操作は同時に行わないため、3人で十分と言える。

図-8は撮影された画像がどのような状態でパソコン上に表されるかを示したものである。

6. 考察

(1) 実用化への課題

実機を用いた海上実験では、高速での曳航についても十分安定飛行することを確認し、鮮明な画像も得られた。

しかしながら、以下に挙げる数点の課題が残った。

a) 搭載機器の軽量化

カメラ本体、架台、制御機器の軽量化により、浮体を小型化することが可能である。

表-1 資機材搬入所要時間

	作業の種類	所要時間	備考
準備	①機材の搬入	3分 24秒	2人作業
	②離着陸装置組立	19分 12秒	
	③ハンディ離着陸装置組立	1分 0秒	
	④PC台組立	分 48秒	
	⑤PC・無線LAN・GPS準備	3分 28秒	
	⑥ガスボンベ準備	分 36秒	
	⑦浮体充填	8分 50秒	
撮影	—	—	撮影時間による
撤去	⑧気球回収	1分 54秒	高度により差が有り
	⑨浮体排気	12分 54秒	
	⑩離着陸装置分解	7分 50秒	
	⑪機材の搬出	12分 52秒	

合計 1時間 12分 48秒



図-8 システム出力画面（広島港より市内方面を望む 高度約150m）

浮体を小型化することにより、離着陸装置の小型軽量化が可能となり、操作性の向上が図れる。

図-9, 図-10, 図-11, 表-2参照

b) 映像の録画

本システムでは、撮影した画像をパソコンへ記録することは出来るが、映像は録画できない。

これは、搭載機器重量の制約および、無線LANと無線映像伝送装置を併用する際に発生する電波干渉が原因である。

c) 離発着装置の改良

港湾業務艇では、甲板スペースが少ないため、舷外で操作するための離発着装置が必需品である。

実験ではその都度取付取外しを行ったが、本来は常時装備されていることが理想的である。

しかしながら、空撮システムを使用しないときはそれ自体が妨げになるおそれがあるため、今後はこの方式の簡易な物の改良も必要と思われる。

d) 断線対策

障害物への接触等による、万が一の断線に備え、複線化をするなどの対策が必要と思われる。

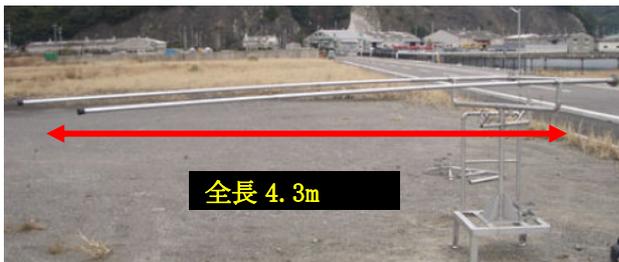


図-9 離発着装置全体

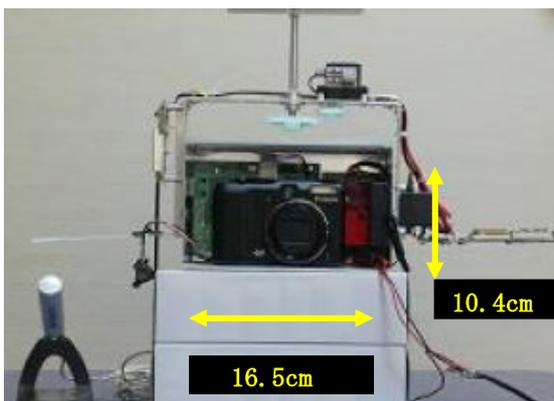


図-10 撮影装置

7. まとめ

大規模災害は、日本全国でいつ起こってもおかしくない状況にある。

大規模な災害が発生した場合、本システムを使用し、早期に対応することにより、被害の拡大を最小限に抑えることは十分可能である。

災害復旧支援に対する国民の目は厳しいが、それらは正確な情報の提供が遅いことも要因の一つと考えられる。

中国地方整備局でも緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)が整備され、被災地へ向けば様々な方法で調査を行うことになる。

今後は、平常時にも、調査、観測に活用し、職員の操作技術の取得により、万が一の大規模災害に備えて、出来るだけ多くの職員が操作できる様、普及させていく必要がある。

表-2 装置概要

実機仕様

	浮体	撮影装置
全長(m)	5.70	
径(m)	1.00	
重量(kg)	1.66	1.20

(重量は付属品含む)



図-11 システム全体図