

モンゴルにおける中型成層圏気球実験と今後の予定

千葉工業大学 惑星探査研究センター 松井孝典、秋山演亮

1. はじめに

我が国においては宇宙科学研究所や大学等により、法規を踏まえた関係官庁との密接な調整により、安全に成層圏気球の実験が実施されてきた長い歴史がある。しかし無人の飛行物体に搭載する無線器機の規制に関しては他国より厳しい運用制限が設けられているとも言われており、実験実施上の問題点があった。一方近年では、ドローン等の無人飛行体の急速な発展に伴い、無配慮な飛行による社会的混乱が生じている。加えてスマートフォン等の撮影機能・位置情報発信機能の付いた携帯電話の発展に伴い安易に気球による自由飛行が行われるようになり、市街地への落下や違法な電波使用等の例なども散見されるようになった。そのため、きちんと法令を守った場合でも実験に対する社会の目は厳しくなり、国内での実験環境は益々厳しくなりつつある。またこれらの社会的混乱に対応するために、200g以上のドローンに関しては新たに規制が設けられた。これは従来の小型気球・中型気球の重量(2~6kg)から考えるとかなり厳しい重量制限である。ドローンの規制が直接には気球には及ばないが、市街地への落下等の問題を考えた場合、実験を実施する地方自治体等では気球を別枠にする事に対する理解が得られにくくなるなどの弊害が生じている。

このような状況を踏まえ、大学等においても陸上での放球・海上での回収による実験が行われるようになってきている。しかし落下位置の正確な予測が困難な自由気球ではしばしばロストしてしまう失敗も起こっている。また海水面に着水する場合は、機器に対する防水対策や波浪の高さを考慮した通信アンテナの設置なども求められるた

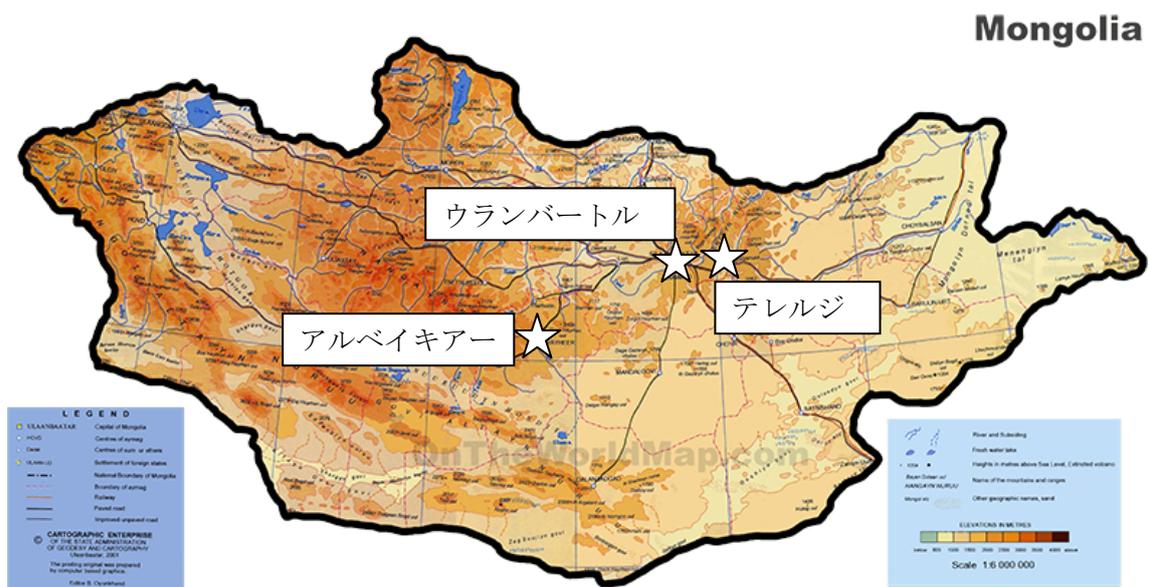


図 1 モンゴル全図、及び首都とおもな放球点

め、搭載機の機構が複雑になることも多い。そこでより簡便に陸上放球・陸上回収できる実験環境が求められてきた。

モンゴルは我が国の4倍の国土面積を有し、国土の約半分となるウランバートルより東の領域はなだらかな丘陵地帯や砂漠が広がっており、大きな森林等も存在しない。また人口はわずか284万人と少なく、そのうち100万人はウランバートルに集中している。そのため他地域での人口密度は極めて低く、気球落下時に一般国民に被害を与える可能性は極めて低い。また地方の丘陵地帯では主に放牧が行われており、住民はプリウス等の自動車を通常に使っていることも有り、平坦地全域に、舗装はされていなくても踏み固められた道が縦横無尽に走っている。そのため、通常は自動車により回収地点のすぐ傍まで接近することが可能である。

そこで小型・中型成層圏気球による成層圏における宇宙塵の定期的な回収実験を目指す千葉工大惑星探査研究センターでは、協力関係を有するモンゴル工業技術大学およびモンゴル科学技術大学の協力を得て、モンゴルでの成層圏気球実験を実施し、実験環境の整備を始めることとした。

2. 国内法規・気象環境・情報インフラ・ヘリウム入手状況

<国内法規>

モンゴル国内においては、首都のウランバートル・国土南部のダランザドガド・国土最西部のウラーンゴムの3カ所にて、ラジオゾンデによる高層気象観測が実施されている。しかしいずれも気球の上昇高度は16km程度と制限されている模様である。

また以前にモンゴル科学技術大が気球による大気汚染の垂直分布観測を行ったとされているが、このときも航空局より高度18kmまでの実験しか許可されていなかった。

またモンゴル国内にはFAA規則に準じた自由気球に関する国内法が整備されている。海外向けのwebサイトにはFAAと同じ条文が英語にて記載されているが、モンゴル国内ではモンゴル語に訳された規則が適用されている。これは基本的にはFAAの条文のモンゴル語訳と言われていたが、今回、我々の実験申請時に、モンゴル語に翻訳されるときに大型・中型・小型気球の分類が省略され、全て大型気球の分類として記述されていることが判明した。そのため、中型・小型気球でもATCトランスポンダーの搭載が求められるなど、実際的には小型・中型気球の飛行が実現不可能(ATCトランスポンダー重量はそれだけで通常2kgを越えるため、小型・中型気球に搭載出来ない)な状態にある。一方で国内では小型気球に分類されるラジオゾンデ等の飛行が行われているため、法律として問題がある。この点に関してはモンゴル航空局も問題を理解しており、近日法改正が行われるとの説明がなされた。現時点では運用時の判断として、小型・中型気球が認められる状況にある。ただし、発光信号・レーダ反射板の搭載は求められている(発光強度や反射強度に関する情報は提出を求められていない)。自由気球の飛行にあたっては、航空局・防空司令部・情報局への計画書の提出および

許可を取ることが求められている。

また無線使用にあたっては、事前に申請が必要である。アマチュア無線の使用は認められることが多いが、日本のアマチュア無線従事者免許はモンゴルでは通用しない。そのため、モンゴル国内の協力者等から使用申請を実施して貰うなどの対応が必要である。

<気象環境>

6月～9月頃は比較的風が安定し、気球実験に適しているとされている。しかし広大な平坦地が広がっているため、一度起こった風は遮られることなく吹き荒れることが多い。その為、特に暖かい時期はサーマル等で起こった突風が断続的に吹き荒れることがあり、放球時には注意を要する。また低気圧等の移動も非常にゆっくりなため、大きな低気圧による風が発生した場合は、その収束まで日数を要することも多い。

<情報インフラ>

都市部及び幹線道路周辺は携帯電話が使えることが多い。モンゴル国内には3つの携帯キャリア（MobiCom、Skytel、Unitel）が存在するが、都市部を離れた丘陵地帯ではSkytelが強いとされている。日本円にして500円程度で通信容量制限が1GbのSIM等も販売されており、日本から持ち込んだSIMフリーのモバイルルータ等によりインターネット環境を構築することが可能である。

またモンゴル国内では日本での使用が認められていないSPOT衛星の位置情報サービス端末（GEN3等）の使用も認められており、気球の追跡等に利用することが可能である。

<ヘリウム入手状況>

モンゴル国内のヘリウムは全てロシアあるいは中国からの輸入に頼っているため、事前にヘリウムの確保を進めることが重要である。40L型の価格が約4万円と割高になっている。またヘリウムボンベの継ぎ手は中国あるいはロシア規格となっているため、注意が必要である。

3. 2016年の実験状況

2016年には6月に1基、9月に2基の放球実験を行った。6月実験時には航空局の理解が得られず、ウランバートルに飛来する航空機に与える影響を過大評価されてしまった。そのため、放球点はウランバートルの西南400kmのアルバイキアーに定められ、実験空域は飛行禁止空域が設定され、周辺国からの問い合わせを招くなどの騒動を生じた。9月の実験に際しては、事前に航空局と密に連絡を取り情報交換を行うと同時に、モンゴル国立大・科学技術大・工業技術大の主要3大学及び関係省庁を招いたシンポジウムを開催するなど、成層圏気球実験に対する理解増進に努めた。その結果、モンゴルの東約60km地点に位置するテレルジでの実験が認められた。ただし実験時間は当該空域を航空機が飛行しない時間帯（現地時間で12時～15時）と定められた。

3回の実験では気圧高度計やGPSによる計測により、それぞれ約40km、23km、33kmの高度まで到達したと考えられる。気球はいずれも、気球製作所(株)のコスモプレーン3000を利用し、約18kgのヘリウムを利用した。上昇速度は5~6m毎秒であった。また落下時には直径3m程度のパラシュートを利用し、落下速度は5m毎秒程度に調整した。通信機器はSPOT衛星による位置送信機(GEN3)に加えて、144MHz帯のアマチュア無線機、あるいはMAD-SSを使った通信機、920MHz帯のLoRa等を利用したが、いずれも良好な通信環境であった(ただし装置の低温化により通信が止まるなどの問題も発生した)。

いずれの実験でも機体は回収することが出来たが、1回目の実験時には、落下地点付近に住む子供により先に機体が発見され、分解されてしまうトラブルが発生した。そこで9月の実験では、機体に触らずに連絡を依頼するプレートを取り付けて対策を講じた。しかし9月実験では2機とも周辺住民に発見される前に回収部隊が到達し、無事に回収をすることが出来た。

4. 今後の予定

3回の放球実験およびシンポジウム等を通じて、モンゴル国内に成層圏気球実験に関する理解を深めることに成功した。またモンゴルが成層圏気球実験に適地であることも理解され、モンゴル科技大等を中心に「国際成層圏研究所」の設立に向けた取組が始まっている。また成層圏気球実験のノウハウ(放球に係わるロジスティック、手順、アビオニクスや通信機、地上試験等)の移転も進めており、今後は運用主体としてモンゴル側の活躍が期待できる。また山梨大学・千葉工業大学・JAXA/ISAS等がメンバーとなり、小型・中型気球を使った上空での長時間滞在のための仕組みを検討するために、科研費への申請を行っている。本学では来年度以降も継続して成層圏気球実験を実施する予定であり、2017年6月にも再実験を予定している。

5. 謝辞

本気球実験を実施するにあたり、宇宙生命・宇宙経済研究所(ISPA)の支援を戴くことが出来た。またモンゴル国内での実験環境の整備にはモンゴル工業技術大のSerugelen総長およびスタッフの皆様に多大なる御尽力を戴いた。ここに謝意を表す。

6. 参考文献

貴島政親他「和歌山大学宇宙教育研究所による宇宙工学実験場の報告」、和歌山大学宇宙教育研究所紀要、pp49-58(2014)

駒林誠。「モンゴルで経験した気象業務の四季-I 春と夏」。天気. 2002, 49, 515-521

駒林誠. モンゴルで経験した気象業務の四季-II 秋と冬. 天気. 2002, 49, 579-585