

# 蘭州火球

司馬 康生<sup>1)</sup>, 张 旭, 傅 华

<sup>1)</sup> 日本流星研究会

LanZhou Fireball

兰州火流星

Yasuo SHIBA<sup>1)</sup>, Xu ZHANG, Fua FU

## Abstract

A bright bolide with sonicboom appeared over LanZhou, China at 11 Dec. 2004, 15h36m(UT). This phenomenon was judged soon as much meteorite fell by some scientists. But no meteorite recovered now.

Rong et al published 8 sites seismograph's sonicboom record(Rong et al 2005<sup>1)</sup>,2007<sup>2)</sup>). In this, fireball trajectory was reported and meteorite was explained burned out in atmosphere. Kou(Beijing Planetarium) & Lin(Chinese Academy of Science) collected 7 sites highway gate TV camera images that recorded flashed ground with moving shadow respectively. We reviewed these data, collected witness and measured on highway gate for examine possibility of meteorite fell. We note that atmospheric wind and refraction can't be ignored for this fireball trajectory calculation from seismographs record.

Key Words: Fireball, Meteorite, Sonicboom

### 1 火球出現

2004年12月11日23時36分(現地時:=15h36mUT)頃、中華人民共和国、甘肅省蘭州市及びその東側に位置する白銀市、榆中県一帶で、夜空を昼間のように照らす火球が出現し、その後大地を揺らす衝撃波が一帶に響き渡った。警察や消防には多くの通報が集まり、現地マスコミ(「兰州晨报」など)は翌朝には「隕石が落下したと思われる」と報道した。

直ちに現地へ赴いた王思潮(Wang SiChao:南京天文台)もこの現象が隕石落下であると見なし、落下したであろう隕石を求め情報を集めた。一方、蘭州地震局は蘭州市近郊の3カ所の地震計がこの衝撃波を記録しており、その震幅は震度1.5に相当すると発表した。やや遅れて北京天文館の寇文(Kou Wen)、中国科学院の林扬挺(Lin Yang Ting)らが現地を調査し、付近の高速道路料金所の監視カメラに写された映像を収集した。彼らは12月末にかけてさらに目撃情報を収集すると共に、落下したと推定した地域の搜索に当たった。落下後約1ヶ月間の報道では1tを超える隕石が落下したような情報が流れ、発見者には多額の報償金を払うという者も現れた。また、海外の隕石ハンターも搜索を行ったことが伝えられた。しかし、落下したであろう隕石を誰も発見することができず、搜索活動や情報は急速に衰退した。



Fig. 1 火球によるフラッシュが記録された料金所(円形)、当初衝撃波形が記録されたことが公表された地震計(四角)、当初の推定火球経路(矢印)(寇文らによる)

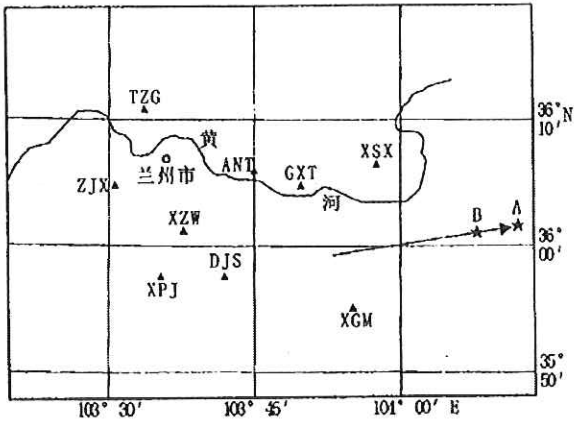


Fig.2 榮らによる衝撃波の観測された地点 (榮代潞 et al 2005<sup>1)</sup>)

## 2 衝撃波記録

### 2.1 榮氏の報告

蘭州火球の衝撃波記録は榮代潞 (Rong DaiLu) らが詳細を発表している<sup>1)2)</sup>。まず、2005年3月に公表した論文<sup>1)</sup>では、Fig.2に示した9カ所のうち、波形記録が無かったとされたDJSを除く8カ所の観測点の波形記録が示された。XSXとXGMの波形は、30秒を超える継続を記録している。GXTでは主要な波形部分の継続時間が10秒程度とやや短く、XZW, XPJ, TZG, ZJXでは、それぞれ数秒程度の後、弱い残響のような振動が続くのみである。ANTのみは雑音が多く、火球による衝撃波を識別しにくい。これは、観測点ANTが都会の主要道路に近く、黄河に近いやや軟弱な堆積層に設置された観測点によるためと推定できる。なお、継続時間の長かったXSXとXGMでは継続時間のみならず波形の特徴がたいへん似ている。また、この論文では地上高度26kmで小爆発、地上高度13kmで爆発消滅した、としている。そして大きな隕石の落下はなかったものと結論した。

Rong DAILU 2007<sup>2)</sup>では、衝撃波記録の詳細などの主要なデータは先に発表した内容とほぼ同一で、唯一末端爆発の高度を11.4kmと微修正している。

### 2.2 榮氏らの報告の問題点

まず、当初、3観測点の記録だけをマスコミ発表したとについて、榮氏は「それはマスコミ発表用に用意したものである」(私信)と説明したのみである。しかし、論文で報告された以外に記録があるのかという問題は今なおはっきりしない。例えば、観測点ANTの北方約2kmの地震博物館地下には地震観測室が存在するが、それが当夜稼働していたかどうかは明らかにされていない。また、当初発表された「大尖山」に該当する記録が論文には含まれていない。たとえ微弱であっても別の地点で記録が残っているなら火球経路精度

の向上に大きく寄与するであろう。

次に、XSXとXGMの波形の類似性に注目する。継続時間が長く波形の特徴が類似する理由は、落下途中に破碎を続けている火球の極めて近い分裂段階から衝撃波が放射され、地上の違った2点に到達したことと解釈できる。もし同一点からXSXとXGMに放射されたならば、極めて円筒形に近い円錐形に広がる衝撃波の放射を考えると、地上に投影した火球経路と、XSX-XGMを結ぶ線分はほぼ直交しなければならないと結論できる。しかし、Fig.2に示された火球経路は、直交という条件と大きく相違する。真の火球落下経路の水平投影線は、Fig.2に示された西南西→東北東ではなく、西北西→東南東でなければならない。

この誤りの原因は、彼らの計算における仮定にある。すなわち、火球の速度が一定とすると共に音速も一定としている。さらに上空の風も無風としている。この仮定を採用した理由は、音速が変化し、なおかつ広がる波面が風で流されることを考慮して衝撃波伝達を計算することの困難さによると推察する。

我々は、上空の大気温度変化による屈折と風による衝撃波面の流れに加えて火球の大気減速を考慮して観測記録と整合する経路を求めた。一例が、Fig.3である。経路仰角は約60°とかなり大きな値であり、これは榮氏らの結果とほぼ一致している。計算のために使用した大気データはWyoming大学の提供するサイト<sup>3)</sup>から、地理的、時刻において近いデータを上空25~30kmまでの範囲で取得したものである。

前述した火球経路とXSX-XGM線の直交条件は不十分ながらも近づいた。この不十分さは、風の影響と、火球の末端で大気減速がかなり効いていたためである。すなわち衝撃波放射が、円筒形に近似するにはやや無理がある円錐形だったと考えられる。ところで、火球経路仰角が大きかったため、決定経路の西北西-東南東方向の位置誤差が大きく(現在±5km程度)、経路精度はさらに検討・向上が望まれる。

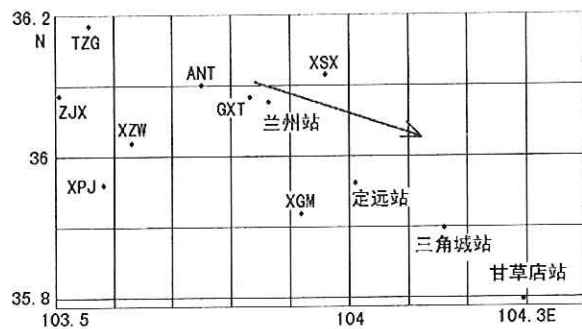
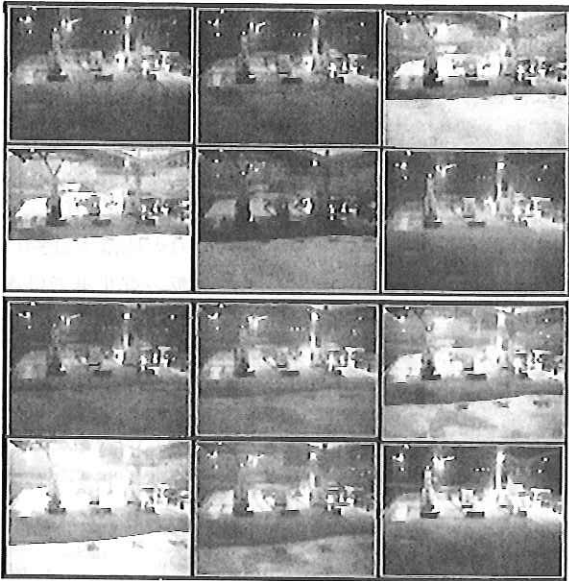


Fig.3 上空の大気屈折と風の影響を考慮して求めた蘭州火球経路例 (水平投影)

なお、我々が求めた”地震計で見た”経路末端、すなわち観測点XSSX, XGMに該当する衝撃波源の地上高度は、13km~17kmの間になりそうである。



图为2秒钟时间内慕兰收费站监视器拍摄到的两次闪光过程。

Fig.4 インターネットで公開された料金所カメラ映像

### 3 料金所のTVカメラ映像

寇文、林扬挺氏らの収集したTV映像の中で、火球経路のとりわけ末端爆発に近い4カ所（兰州、定遠、三角城、甘草店）について2007年7月に現地測定を実施した。TV映像を現地の地上物と照合し、主たる2回の爆発の方位、高度を測定した。しかし、必ずしも映像が鮮明でなく十分な測定精度を得なかった。確認できたことは、火球経路仰角が約60°であることが追認でき、経路方向が西北西→東南東であるという推定も矛盾はなかった。末端爆発は地上高度13kmより低くはないようだが、不正確である。また、地震計記録から求めた経路との比較では、経路位置はやや東側と考える方が矛盾が少ないように見える。

### 4 特筆する目撃情報

隕石落下に際して目撃者の情報から火球経路を決定することは常に困難である。この火球でも経路情報は正確な経路決定には必ずしも有用ではない。

2007年7月の目撃情報収集で、衝撃波に関する興味深い情報が集まった。すなわち、円錐形に広がる衝撃波が到達しないであろう経路東側で、音を聞かず振動も感じなかった人、音は聞かなかったが地面の振動を感じた人、音も振動も感じた人が比較的狭い地域で混在していたことである。このような音や振動の解釈については今後の課題としたい。



Fig.5 鉄塔の上部に取り付けられた料金所のTVカメラ（甘草店）

### 5 想定される落下域の地勢

甘肅省一帯は、黄砂発生地域に属し、想定落下域も植物のまばらな黄砂大地である。標高は2000~2500m程度で、まばらに人家がある道路沿いから5~10km程度山を登った位置である。現地の住民もほとんど足を踏み入れない地域である。地質は隕石と紛らわしい外観の石はほとんど見られないだろうが、落下した石は直ちに地中に埋もれたり、砂嵐のために隠れているかもしれない。

標高が高いため、夏の昼間は30°Cを超しても夜間は10°C台前半に冷え込む。冬期の降雪は少ないが降った雪は溶けにくく、気温の低さと共に捜索には適しない。また、春には危険な砂嵐が発生することがあり安易な行動は慎むべきである。なお、2007年8月には例年になく降雨があり、付近一帯は草が生い茂った。

### 6 結論

中国の科学者たちが落下初期にこの現象を隕石落下であると判断したことは、迅速適切な判断だった。しかし、経路決定や落下質量の見積もりに対しては十分な経験が無かったためか、良い結果を導き得なかった。そのため精力的な隕石捜索を行ったグループは、徒労を続けることとなった。その後、科学者間での情報の流通や協働の仕組みが十分機能せず、取得したデータを科学的に評価することや、生産的な議論にはほとんど発展しなかった。榮氏らは極めて貴重なデータを取得したが、そのデータの解釈は不十分だった。その結果、経路方向を正確に求めることができなかった。

さて、我々は概略であれ、得られたデータからこの火球による隕石落下の可能性について次のように考え

る。すなわち、初期に報道されたような少数の大質量の隕石が落下したとは思えない。それは、長時間続く衝撃波形は、多数の破片に激しく分裂した証拠である。そして、それらの破片が末端での大気減速を示していることから、榮氏らが結論した「大きな破片の落下はないだろう」という判断も支持できる。それでも、何十個にも分裂した破片は発見回収が可能な大きさだろう。なぜなら、消滅点の地上高度が過去の隕石落下例と比べても十分低いからである。なお、隕石雨となったであろう落下域の楕円は火球突入仰角が大きいことと、偏西風条件下で西から東の落下経路を持つために比較的短い長軸を持つだろう。

火球の経路方向と仰角は今後の大気条件の検討と衝撃波記録の照合から更に向上させることが可能である。もし、隕石が発見できるなら、その精度は更に上げることが可能だろう。一方、火球の突入速度は、これまでの火球による衝撃波研究<sup>4)</sup>などと同様、決定困難である。ただし、TV映像で得られた2回の爆発点の空間位置の算出と、それらの時間差から良好な数値が算出できるかもしれない。

今後の正確な落下域の推定と、適切な現地搜索により、この火球に伴う隕石雨の全容が解明されることに期待する。

### 謝辞

この火球のフラッシュを捕らえた料金所TV映像は、北京天文館館長朱进 (Zhu Jin) 氏より貸与されたものである。測定申し出に対する快諾に感謝する。

### 参考文献

- 1) 榮代潞, 張元生, 李亞榮, 西北地震學報, 2005年3月, 第27卷 第1期, p17-21
- 2) DaiLu Rong, YaRong Li, Meteoritics & Planetary Sci. Vol.42, No 1, p.31-35, 2007
- 3) Wyoming Univ., Department of Atmospheric Science  
<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- 4) Yoshiaki Ishihara, Shin'ya Tsukada, Shin'ichi Sakai, Yoshihiro Hiramatsu, Muneyoshi Furumoto. *Earth Planets Space*, 55, e9-e12, 2003

(2008年3月22日受付, 2008年6月15日受理)