【研究ノート】

「北斗の水くみ」研究

平井 正則

1.はじめに

「北斗七星」の由来と「水くみ」の発想

「北斗の水くみ」について確かではありませんが昭和５０年頃北九州の天文アマチュアの方々が「“夏の終わりの夜半、洞海湾南岸（黒崎）に立って、海に向って（北の）夜空を見上げると波静かな海に巨大な北斗が水をくむ”という言い伝えがある」と密かに語りあっているのを聞きました。

現在の洞海湾には巨大な若戸大橋が架けられ、辺りは街灯や市街光に遮られて北の空は貧相です。天文学的には確かにこの緯度で北斗七星が北極星の下側をくぐり、下方子午線通過直前に「水くみ」の姿になります。私の研究室ではそれ以来「壮大な北斗の水をくむ姿」を写真におさめようと努めてきました。しかし、なかなかうまいシャッターチャンスがきません。水平線に近い星の姿ですから、天候はもちろん、遠くの低い雲、明るい漁船の灯の邪魔が入ったりとなかなかうまくいきません。そこで、この姿とともに生活する地元の皆さん、写真が趣味の皆さんに宗像の自然の景観のひとつとして注目して頂いてはと気付きました。幸い最近「むなかた電子博物館」が開設され、呼びかけなどには非常に便利なことを発見しました。北斗七星の探し方、見える季節や時間、「水くみ」の原理を好きな時間に電子画像で理解できます。わからない点も対話的にも説明できます。格好の素材でしたので早速、昨年７月－8月と呼びかけ、写真展の開催を行いました。

地域の自然遺産（ちょっと大げさですか？）のひとつ、生活の中で楽しめる情報を「むなかた電子博物館」が提供できることは楽しいことでした。

ここに「水くみ」のしくみと「むなかた電子博物館」読者が、素材を確かめ、壮大な自然の現象を楽しむための知識として「北斗の水くみ」研究を述べ、「電子博物館」の機能を有効に役立てる資料としての研究報告を編むことにしました。

2.「ひしゃく」の見え方研究

2-1.「北斗七星」と「柄杓（ひしゃく）」

北の空で星は北極星を中心に東から西へ（反時計まわり）円を描いて動きます。回転の中心の北極星を見つけるには「北斗七星の枡（コップ）にあたる東端

の星二つを結んでそのふたつの星の間隔を五倍のばしたところにある２等星の星が北極星」と教えられます。（小学校教材）こうして北斗七星はわかりやすい星の並びとして昔から知られてきました。中国古代この星座は「北斗」と呼ばれ、少数民族彝（いい）族ではこの北斗七星の傾きから時刻や季節を知り、暦を作り、中国の古い暦作に大きな影響を与えたといわれます。

図１　領土を行幸する皇帝の図

後漢（紀元25年ー紀元220年）・武梁祠画像石の北斗七星です。
皇帝は車（桝）に乗り、柄杓の柄の指す領土を巡行しています。
6番目の星が二つ描かれていることに注目して下さい。
ミザール（2.2等）とアルコール（4等）の二重星です。
当時の人々は眼が良かった？（図は著者が左右反転しています。）

古くは後漢に活躍した中国・南陽の天文学者「張衡」の作った星図にすでに見えます。東アジアの星物語では南の「南斗」と北の「北斗」として有名で前者は人間の誕生を後者の「北斗」は死を意味する星座として登場します。

東アジアの「斗」は福島久雄（1977）によれば古い時代から「斗柄（とひょ

う）」として漢詩にしばしば登場するそうです。「斗」を柄杓と考える発想は非常に古いということです。このように北斗七星を「斗」と見るのは東アジアの古い歴史の中にあります。中国の北斗七星の各星の名前とよみかたは付録Aの表をご覧下さい。

　西洋ではギリシャ神話に登場し、比較的大きな空域を占める「おおぐま座」の熊のお尻と尾の部分にあたります。ゼウスが大熊の尻尾をもって空に上げたので尾（柄杓の柄の部分）が伸びたというエピソードも付いています。

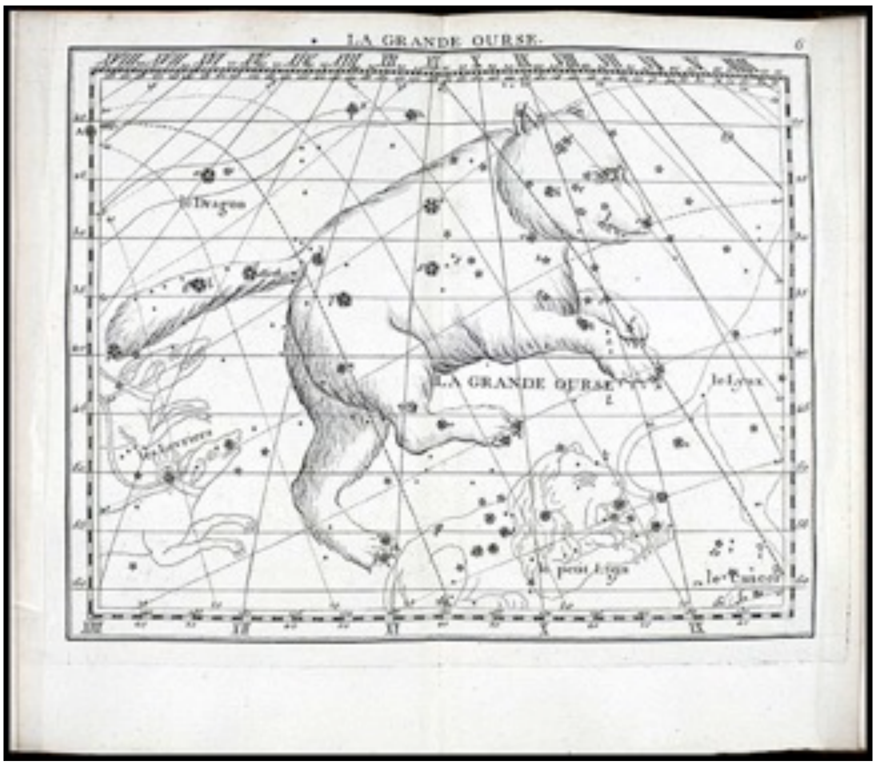

図２　おおぐま座の北斗七星
北斗七星が探せますか？確かに熊の尾が長いですねえ。
（17世紀フラムスチード図譜より）

　また、おおぐま座は北半球で沈まない星たち（周極星）と気付いたギリシャ人は「ゼウスの妻ヘーラの嫉妬は激しく、ゼウスの愛したカリスト母子を熊に変えただけでは満足せず、沈まない空に上げた。そのため2匹の熊（もうひとつはこぐま座）は1日中空を回って、地平線下に沈んで休むことがない」と付け加えています。（藤井1979）

　また、現在アメリカでは北斗七星はビッグ・ディッパー（Big Dipper）、イギリ

スでもGreat　Dipperとして子供たちに紹介され、「台所に掛かる大鍋」と教えられます。

現代の天文学では星の並びが日々、年々どのように見えるかは完全に説明できます。だから、天文学習のための演習問題でしかありません。基礎は数学の球面三角形や地球の自転・公転の学習にあります。ここで問題となる肉眼での見え方、動き方については簡単です。しかし、実際の地平線近くの星の見え方には大気の屈折や大気減光など少々複雑な物理学の事柄が必要です。では、時節で天文学での天体の動きや北斗七星の見え方の復習から始めます。

2-2.北斗七星の1日（日周）と1年（年周）の動き

地球の自転は２３時間５６分で北から見て左回り（半時計回り）しますから、北の空の星は北極星を中心に円弧を描いて、２３時間５６分で一周します。柄杓の柄が指す向きから時刻が分り、時計に使えます。（残念なことに昼間、太陽が明かるいので星が見えません。夜、晴れている時だけ使える時計です。）
春の夕方ほぼ下（南）を指した柄杓の柄は、夜半には東（右）、翌日の明け方には上（天頂）を向きます。これを日周運動と呼びます。
また、１年には１日４分（約角度で１°）だけ同じ向き（東周り）に回転します。これは地球が太陽の周りを公転するためです。１年で一回り（一周）しますので、同じ時刻に北斗七星を見ると１日に４分、１ケ月に２時間（角度で３０°）東へ進みます。春の夕方、下（南）を指していた柄杓の柄は、夏には東を、秋は上を、冬は西を、再び、下を指します。こうして、同じ時刻で見れば季節が分ります。これを年周運動と呼びます。

天文学では天球の天の北極（地球自転軸の方向は厳密には北極星から僅かにずれていて、天の北極には星はありません）を通る南北線（球面三角形の大円）を「子午線」と呼び、時刻の基準線として用います。北の空を見て天の北極から下（地平線へ）を通って見えない地平線下の天の南極までの半円を「下方」と呼んでいます。（北半球の場合）

北の空を見ていると星は必ず１日に１回、子午線を東から西へ（右から左）高い空で子午線を通り、次に、低い空の西から東へ（左から右へ）北極星の下の空を潜ってもとに戻ります。したがって、この低い空を星が西から東へ（左から右へ）抜ける時を「下方子午線通過」と呼びますので、北斗七星の各星が下方子午線通過の近くで「水をくむ」姿になるわけです。

2-3.「北斗七星」の観測地（緯度）による高度の変化

北の空で北極星の高度は観測者が地球のどの緯度にいるかによって変わります。北極星は地球自転の回転軸の方向ですから、北極で真上（天頂９０°）、赤道で地平線（０°）となるはずで、その高度は緯度と同じです。

宗像の緯度は北緯33°48′ですから宗像の北極星高度は緯度と同じ、33°48′（33.8）となります。

ここで柄杓の星を便宜上柄杓の桝（コップ）の端から1番星〜7番星と名前を付けておきます。

そこで、各星が下方子午線通過のときの宗像での高度を調べてみましょう。一般に、各星の下方子午線通過時の高度（ｈ）は観測値の緯度（Φ）、星の赤緯（δ）として

$$h = \Phi - (90^\circ - \delta) \qquad (3-1)$$

と書けます。

付録Aの表の赤緯（δ）を使って、（3−1）式を入れると
宗像では（単位は角度の度（°）で小数点をふくみます）
1番星 +6.33　2番星 +0.11　3番星 -2.30　4番星 +1.40
5番星 -0.14　6番星 -1.16　7番星 -6.53　となります。

宗像では3番星、5番星、6番星、8番星の値がマイナスですから、下方子午線通過時には水平線下に沈みます。そこで、さらに柄杓の桝（コップ）の底が水平線に付く場所（緯度Φ）を付録Bから求めると緯度32°33′（Φ0）となり、地図でみると、熊本県田浦になります。（この付近の海岸は北東に伸びていますから、右側の岸が見えて雄大でには見えないでしょう）

ここで、北斗七星の桝（コップ）の底がちょうど水平に平行になり、しかも、地平線に接します。しかし、これは大気の屈折による浮き上がりや減光を無視した場合であることに注意する必要があります。次の節で検討します。

3.大気による浮き上がりと大気減光

地球は厚い大気におおわれていますから、地平線（水平線）方向に見るとその厚い大気を通して星を見ることになります。地平線に向うほど光の通過する光路は長くなり、そのため、光の吸収が大きくなって、天頂で明るい星も地平線近くでは微かになります。（付録C）

また、大気による屈折が起こり、地平線近くでは星は浮き上がって見えます。（付録D）

地球が球ですから、大気も球であることから起こります。つまり、地平線に行

くほど夜空は縮んでいるのです。これを考慮すると、前述求めた底が地平線に付く緯度Φ0は

$$\Phi 1 = \Phi 0 + \varDelta \Phi \qquad (4-1)$$

⊿Φだけ、緯度が高くなります。先に求めた32°33′が実際、付録Bより、33°7′になります。地平線下35’（ほぼ0.6°）ていど地平線より下（向こう）が見えるのです。35°近辺で緯度は1°約110kmですから、32°だと、地図で熊本県田浦から60ｋｍくらい南の鹿児島県阿久根くらいになります。しかし、ここで、重大なのは大気による星の光の減光です。

　地平線近くの星を天文学ではあまり観測することはありません。理由は大気の影響が一番大きい空で観測精度が極端に悪くなるからです。したがって、あまり、天文学での観測結果はありませんが、数少ない観測データを見つけました。（Allen 1950）

　北斗七星の見え方について明るさ変化に注目するのですから2番星と3番星と考えます。

　Aの表で分かるようにこれらの星はともに2.4等級です。

　天頂で2.4等の星が高度によってどのように変化するかを見ると（付録D）

高度（°）	真の高度（°）	みかけの等級（等級）	
0°	90.64°	6.5	←水平線
1°	89.52°	6.0	
2°	88.36°	5.6	
3°	87.30°	5.4	
・　・・・・・・・・・・・・・・・・			
90°	90°	2.4←天頂	

となります。

（厳密には天文学で表の2.4等とは地球大気の外での明るさでこの星は天頂では観測地の空によって2.4等より僅かに暗くなっています。）

当然、6等星は肉眼のぎりぎり見える星（近年は空が明るくなり、人の眼の視力も低下していますから殆ど見えません！）ですから、なんと1°以下では見えなくなります。

　以上、まとめると、緯度３４°7’の空では柄杓の底の星は高度1°で見えなくなります。（浮き上がりより大きいので水平線から1°くらいは何も見えない、星のない（空白の）空になる！）つまり、北斗五星になるのです。では次にこれらの結果

をふまえて、次節で北斗七星の動きと姿を考えます。

4.「水くみ」の姿の出現する場所・季節・時間と風景

4-1.「水くみ」の詳しいようす

ここまでの知識を基礎に北斗七星の「水くみ」の姿をどう考えたら良いでしょうか？北斗七星の枡（コップ）の底にあたる二つの星（2番星と3番星）に注意して、北斗七星の姿の変化を考えましょう。水平線の1°以下ではコップの星が見えなくなりますから、コップの底が水平になり、かすかに確認できるていどの姿を考えます。（天文ソフトのステラ・ナビゲータ7.0を利用）

図４　　宗像での北斗七星下方子午線通過直前の動き

そのようすを宗像の海岸（緯度33.8°）で考えることにします。
宗像の空での北斗七星の図4を使って調べて見ましょう。

図4の右上（高い空）の●が北極星、下の水平線近く、北斗七星の各星は北極星を中心に左（北北西）から右（北東）へ移動していきます。その各星の移動の軌跡を点線で描いています。点線の始めと終わりが角度で20°くらい、時間で約1時間

20分くらいです。3番星が下方子午線通過前、水平線に沈む直前の状態です。北斗七星は実線で結んでいます。北極星から引いた線は3番星の動きの理解を助けるために引いた3番星の日周運動による奇跡の始めと終わりの円運動の半径です。

細かく見ると以下のように面白い動きをします。

コップ底を形作る2番星と3番星に注目すると、これらの星は浮き上がりの向きは上下で、動きは北極星を中心とする円運動ですから、結果的に下に歪んだ円運動になります。

図4で見ると2番星は3番星よりわずかに高度が高く少し浮き上がり、これから、だんだん円に沿って上に昇っていきます。一方、コップの底の左（西）の3番星は高度がより低いので縮んでほとんど上下向きには止まり、円を描きますから、底の線は殆ど水平線と平行のまま、コップの底が北東に滑るような格好になります。

まるで、柄杓が水に浮かんで横に滑るような姿になるわけです。
どんな形が「水をくむ」姿かは科学ではなくて文学？ですから、「自分の好きな姿を楽しむを選べば良い」ということです。

4-2.「水くみ」の季節と時間

ここで「水をくむ」季節と時間を見てみます。
「水くみ」は図4から分かるように2番星が下方子午線通過少し前でしょう。そこで2番星の動きを調べます。

2番星の赤経は付録Aからほぼ11時（11h01.8m）です。
春分の日の太陽赤経は0時00分（昼）で秋分の日には12時00分です。
2番星の南中（子午線通過）は恒星時が赤経と等しい時刻、下方子午線通過はちょうどその12時間後です。ちなみに、春分の日（3月21日とすると）午後11時に2番星は南中し、翌日の午前11時（正確にはほぼ11時4分くらい）に下方子午線を通過します。

前述のように年周運動は1日に時間で4分、1ケ月2時間で進みますから、概略は2番星の下方子午線通過時刻は概略
7月20日　午前3時　 8月20日　午前1時　 9月20日　午後11時
10月20日　午後9時　11月20日　午後7時　12月20日　午後5時
これから、秋10月が観望チャンスですが、写真を撮るには7月から9月までの夜半の方をお勧めします。

4-3.世界で「宗像海岸」だけとは？

これまでの議論から「北斗の水くみ」の見える条件は簡単です。

1）北に海のある景色、すなわち、北に水平線があることです。

北に海でも湖でもかまいませんが、水面の穏やかななら湖の方が良いかもしれません。

2）緯度が北緯33°から34°くらいの場所です。

緯度が高いと北斗七星が高く、七つの星の明るさは余り変わらなくて、比較的高い空で廻って行きます。ちょっと「水くみ」の気分でないかもしれません？

緯度が低すぎるとコップの底にあたる星が水平線の1°以下に入って、消失し、北斗五星？となります。

このことから宗像海岸（33.°48'）は都合の良い場所といえます。

緯度35°くらいで1°が110ｋｍくらいですから、概略、緯度33.5°を中心に±55ｋｍということになるでしょうか？　コップの底にあたる星は2.4等級と暗いので、水平線近く１°くらいで、すぐ見えなくなることに注意です。

そんな１）２）の条件を満たす場所を地図で調べて見ましょう。

○九州では、宗像・芦屋海岸なら北を向くと美しい海岸線と広がった北の夜空があります。長崎県壱岐の北岸があります。

○本州愛媛県松山市北岸、新居浜付近は海岸が広がりますが対岸や瀬戸内の島々はどう景色に入ってくるのでしょうか？

○韓国済州島（チェジュ島）はちょっと南に下がりますが、北岸には対岸の韓半島の市街光はどのくらいみえるのでしょうか？

○中国・江蘇省連雲港の南は西側の陸が見えてちょっと景色を邪魔するかもしれません！中国の高地には湖が各所にあります。調査すれば幻想的な景色があるかもしれません。

○ 地中海南岸リビアは北に海の海岸が広がります。リビア海岸で見る「北斗の水くみ」とはどんなもんでしょうか？

○ 同じように、アメリカはカリフォルニア州ロングビーチ島の北海岸がありますが、これもどんな雰囲気でしょうか？

というわけで宗像海岸は絶好の「水くみ」海岸のひとつといっても問題ないでしょう。

世界を旅行する機会を持つ人は是非いろんな緯度での「北斗の水くみ」を写真におさめてきてほしいと思います。どの場所の「北斗の水くみ」が最も幻想的で壮大に写るでしょうか？

5.結論

　秋の夕暮れ、北斗七星の「水くみ」を楽しめるのは緯度33°から34°、北に海をもつ海岸に特定されます。特に、宗像から芦屋の海岸は絶好の「水くみ」の姿が見えます。広い海岸線に立って、壮大な北斗七星の姿を写真でとらえましょう！

参考資料

天文ソフト「ステラナ・ビゲーター」(アストロアーツ社)Ver.8（ここではVer.7を使用）
理科年表（2009）　国立天文台編丸善株式会社
福島久雄（1997）「孔子の見た星空」（大修館書店）
http://www.lindahall.org/services/digital/ebooks/flamsteed1776/
（フラムスチード図譜）
Allen C.W.(1955) ”Astronophysical Quantities” (Springer Verlag)
長谷川一郎（1978）「天文計算入門」（恒星社）
藤井　旭（1979）「星座ガイドブックー春夏編」（誠文堂新光社）

（付録A）　天文学での「北斗七星」と中国星名（理科年表・福島1997）

恒星名（記号）	等級	相対光度	赤経, 赤緯（2000.0）		分光型	中国名
①アルファ(α)	1.8d	10.0	11h03.7m,	+61°45’	K0Ⅲa+F0V	天枢（てんすう）
②ベータ(β)	2.4	5.9	11h01.8m,	+56°23’	A1V	天璇（てんせん）
③ガンマ(γ)	2.4	5.9	11h53.8m,	+53°42’	A0Ve	天璣（てんき）
④デルタ(δ)	5.5	0.3	12h20.8m,	+57°52‘	K5Ⅲ	天権（てんけん）
⑤エプシロン(ε)	1.8	10.0	12h54.0m	+55°58‘	A0p	玉衡（ぎょっこう）
⑥ジータ(ζ)	2.2d	6.3	13h23.9m	+54°56‘	A1Vp+A1m	輔星（ほせい）（ミザール）+開陽（かいよう）(アルコール)
⑦エータ(η)	1.9	9.1	13h47.5m	+49°19‘	B3V	揺光（ようこう）

注）相対光度とは①星を明るさ10として計算しています。

（付録B）　球面三角形による赤道座標（α、δ）と地平座標（h、A）の関係は
観測緯度をΦとすると（長谷川1978）

$\cos(h)\sin(A)=-\cos(\delta)\sin(H)$ (B-1)

$\cos(h)\cos(A)=\cos(\Phi)\sin(\delta)-\sin(\Phi)\cos(\delta)\cos(H)$ (B-2)

$\sin(h)=\sin(\Phi)\sin(\delta)+\cos(\Phi)\cos(\delta)\cos(H)$ (B-3)

である。
ここで、2番星（165.03,+56.38）と3番星(178.45,53.70)を結ぶ線が
地平線つく条件はともに、h=0。
(B-1)から、cos(h)=1 から

$\sin(A2)=-\cos(\delta 2)\sin(H2)$、$\sin(A3)=-\cos(\delta 3)\sin(H3)$

(B-3)から　$0=\sin(\Phi)\sin(\delta)+\cos(\Phi)\cos(\delta)\cos(H)$

$\tan\Phi=-\cos(H)/\tan(\delta)$

ここで、$H2=\theta-\alpha 2$、$H3=\theta-\alpha 3$でh=0になる条件はtan(Φ)を消去して

$\tan(\delta 2)/\tan(\delta 3)=\cos(H2)/\cos(H3)$

tan(+56.38)=1.5040, tan(+53.70)=1.3613を使って

$\tan(+56.38)/\tan(+53.70)=\cos(\theta-165.03)/\cos(\theta-178.45)$

を逐次近似的に解くと $\theta=328.8°$(21h55.2m)を得る。

そこで、H2=163.77 H3=150.35

$\tan\Phi=-\cos(H)/\tan(\delta)$ から、

$\Phi=\tan^{-1}(-\cos(H2)/\tan(\delta 2))=32.55$

となり、ここでΦ→大気補正なしとしてΦ0（=32°33′）とする。
また、各星の方位A2=170.77°　A3=162.97°

（付録C）　星の暗くなり方は大気の厚みにより異なり、幾何学的に光路は高度をｈとしてsec(h)で変化し、ｈ=0°で無限大になり、星の光は理論的に消失します。
また、大気の状態（気圧、気温、湿度、塵など）により、時間、場所によって異なります。この要因をｋとすると見かけの等級mは真の星の等級m0として

$$m-m0=k\cdot\sec(h) \qquad (C-1)$$

と書けます。
ここで、z＝90－ｈ：天頂距離、kは定数。 幾何学的にはsec(h)にあたる F(z)は

Z(°)	h（°）	F(z)
90	0.0	∞
89	1.0	27
87	3.0	15.4
85	5.0	10.4

80	10.0	5.6	
0	90	1.0	（理科年表より）

（付録D）　屈折による浮き上がり量⊿ｈは星の高度ｈに対し理科年表で地平線近くで

h(°)	⊿h		
0.0	34′ 24″		
0.5	28′ 39″		
1.0	24′ 17″		
2.0	18′ 13″		
・			
90	0	0・	です。（理科年表）

h=0での浮き上がりは34.4′だから

$\Phi 1 = \Phi 0 + \angle h(h=0)$

$= 32°33' + 34.4'$

$= 33°07'$　　となる。

（平井 正則：福岡教育大学 名誉教授）