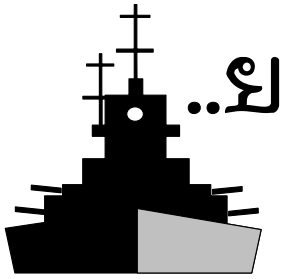
เดินเรือดาราศาสตร์

..ยากตรงไหน ? (ตอนจบ)



พ.ต.ร.ต.นิรุทธ์ หงศ์ปรเสริฐ

แนวความคิดในการหาตำบลที่เรือดาราศาสตร์

ในฉบับที่ผ่านมาได้กล่าวถึงความเป็นมาของการเดินเรือ ระบบพิกัดที่ใช้ในการเดินเรือ และระบบพิกัดที่ใช้กับวัตถุท้องฟ้า ซึ่งสรุปได้ว่าระบบพิกัดทั้งสองมีความคล้ายคลึงกันสามารถนำมาแทนกันได้ หรือนำพิกัดของวัตถุท้องฟ้ามาพล้อตในแผนที่เดินเรือได้ ซึ่งเรียกตำบลที่นี้ว่า Geographic position ของวัตถุท้องฟ้า **(GP)** จากความสัมพันธ์นี้ทำให้นักเดินเรือตั้งสมมุติฐานว่า **การที่สามารถนำพิกัดของวัตถุท้องฟ้ามาพล้อตในแผนที่เดินเรือได้นั้น นักเดินเรือน่าจะใช้วัตถุท้องฟ้าเป็นที่หมายในการหาตำบลที่เรือได้** ตามสมมุติฐานนี้นักเดินเรือจึงนำเอาวิธีการหาตำบลที่เรือโดยใช้ที่หมายชายฝั่ง (ที่หมายที่รู้ตำบลที่แน่นอนแล้ว) มาวิเคราะห์ เพื่อหาวิธีการปฏิบัติต่อไป

การหาตำบลที่เรือในการเดินเรือชายฝั่ง (เดินเรือนำร่อง)

การหาตำบลที่เรือในการเดินเรือชายฝั่ง ใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำบลที่เรือ กับตำบลที่ของที่หมายชายฝั่งซึ่งมีอยู่ ๓ วิธี ได้แก่ การวัดทิศของที่หมาย หรือการแบริ่งที่หมาย การวัดระยะระหว่างตำบลที่เรือ กับที่หมาย และการวัดมุม (แนวนอน) ระหว่างที่หมาย นำมาเป็นวิธีการหาตำบลที่โดยใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ไม่ว่าจะเป็นวิธีเดียวหรือสองวิธีใช้กับที่หมาย หนึ่งแห่ง สองแห่ง หรือสามแห่งก็ได้ แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาพล้อตลงในแผนที่ผลที่ได้จะเป็นตำบลที่เรือในขณะนั้น เช่น แบริ่งเข็มไขว้ (ใช้ความสัมพันธ์ ๑ วิธี ต่อที่หมาย ๓ แห่ง) แบริ่งกับระยะทาง (ใช้ความสัมพันธ์ ๒ วิธี ต่อที่หมาย ๑ แห่ง) แบริ่งกับมุม (ใช้ความสัมพันธ์ ๒ วิธี ต่อที่หมาย ๒ แห่ง) เป็นต้น

การแบริ่งที่หมาย ในการแบริ่งที่หมายนักเดินเรือใช้เข็มทิศเป็นตัวบอกทิศ มีข้อจำกัดว่า ที่หมายที่ใช้ในการแบริ่งนั้นต้องสามารถมองเห็นได้ในขณะแบริ่ง ความละเอียดถูกต้องขึ้นอยู่กับ ความเด่นชัดของที่หมาย และความละเอียดในการแบ่งสเกลองศาของแผ่นเข็มทิศ

การวัดระยะระหว่างตำบลที่เรือกับที่หมาย การวัดระยะนักเดินเรือใช้อุปกรณ์วัดระยะเป็นเครื่องมือ (การวัดระยะน่าจะเกิดในยุคที่มีการทำแผนที่เดินเรือแล้ว) ระยะที่วัดได้เป็น**ระยะบนผิวโลก** กำหนดให้มีหน่วยเป็น**ไมล์ทะเล** (Nautical mile, ๑ ไมล์ทะเล = ๒,๐๐๐ หลา) เพื่อให้สะดวกในการ

พล๊อตลงในแผนที่เดินเรือซึ่งมีหน่วยระยะทางเป็นไมล์ทะเลเช่นเดียวกัน ระยะทางเป็น**ไมล์ทะเลบนแผนที่ เป็นระยะทางเชิงมุมที่จุดศูนย์กลางของโลก ระหว่างตำบลที่สองตำบลที่** (๑ ไมล์ทะเลเท่ากับระยะบนผิวโลกที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางของโลกกว้าง ๑ ลิบดา) ข้อจำกัดและความละเอียดถูกต้องในการวัดระยะขึ้นอยู่กับความเด่นชัดของที่หมาย คุณสมบัติและประสิทธิภาพของอุปกรณ์

การวัดมุมระหว่างที่หมาย เป็นการวัดมุมที่เรือ ระหว่างที่หมายสองที่หมายใช้เครื่องวัดมุม เป็นอุปกรณ์ในการวัดมุม ข้อจำกัดและความละเอียดถูกต้องในการวัดมุม นอกจากขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับการมองเห็นของที่หมาย และความเด่นชัดของที่หมายด้วย

วิธีการทั้ง ๓ วิธีเป็นวิธีการที่นำมาใช้เดินเรือในยุคที่มีการทำแผนที่เดินเรือใช้แล้ว การนำค่าความสัมพันธ์ระหว่างตำบลที่ที่หาได้ตามวิธีดังกล่าวมาพล๊อตลงในแผ่นที่เดินเรือนั้น **มีข้อสังเกตว่าตำบลที่ของที่หมายจะต้องอยู่ในแผนที่เดินเรือแผ่นที่ใช้อยู่จึงทำการพล๊อตได้**

สรุป การหาตำบลที่เรือในการเดินเรือชายฝั่ง ได้จากการนำเอาวิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างตำบลที่มาใช้ ซึ่งได้แก่ การแบริ่ง การวัดระยะระหว่างตำบลที่เรือ กับที่หมาย และการวัดมุมระหว่างที่หมาย **มีข้อจำกัดอยู่ที่ ตำบลที่ของที่หมาย จะต้องอยู่ในแผนที่เดินเรือแผ่นที่ใช้ขณะนั้นจึงจะใช้หาที่เรือได้**

แนวทางการใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างตำบลที่ กับเดินเรือดาราศาสตร์

วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำบลที่ที่ใช้ในการเดินเรือชายฝั่งมีข้อจำกัดสำคัญคือ ตำบลที่ของที่หมายต้องอยู่ในแผนที่เดินเรือที่ใช้ขณะนั้น หากนำเอาวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำบลที่มาใช้ในการเดินเรือดาราศาสตร์ ตำบลที่ GP ของวัตถุท้องฟ้าจะต้องอยู่ในแผนที่เดินเรือแผ่นที่ใช้ด้วย โดยทั่วไปแผนที่เดินเรือมาตราส่วน ๑ : ๒๔๐,๐๐๐ เป็นแผนที่เดินเรือขนาดเล็กที่สุดที่ใช้ในการเดินเรือชายฝั่ง ซึ่งครอบคุมพื้นที่ในช่วง ละติจูด และลองจิจูด ประมาณ ๒° หรือคิดเป็นระยะจากผู้ตรวจประมาณ ๑๒๐ - ๑๘๐ ไมล์ทะเล (ระยะที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางของโลกขนาด ๒° - ๓°)

ในระบบขอบฟ้า ระยะเชิงมุม จากผู้ตรวจถึงวัตถุท้องฟ้า มีค่าเท่ากับ ๙๐° - สูงของวัตถุท้องฟ้า (h) การที่จะนำวัตถุท้องฟ้ามาใช้หาที่เรือโดยวิธีหาความสัมพันธ์นั้น ตำบลที่ของ GP ต้องอยู่ห่างผู้ตรวจได้ไม่เกิน ๑๘๐ ไมล์ทะเล หรือคิดเป็นระยะเชิงมุมได้ไม่เกิน ๓° แสดงว่าวัตถุท้องฟ้านั้นต้องสูงตั้งแต่ ๘๗° ขึ้นไป ปกติวัตถุท้องฟ้าที่นำมาใช้ตรวจ ต้องมีความสว่างมากพอสำหรับการสังเกต ซึ่งมีอยู่ประมาณ ๖๐ ดวง และทั้ง ๖๐ ดวงนี้มีความสูงกระจายกันไปทั่วทั้งท้องฟ้า (มีดิคลิเนชั่น และ SHA กระจายไปทั่วทรงกลมท้องฟ้า) ดังนั้นในท้องฟ้าความสูงตั้งแต่ ๘๗° ขึ้นไป หรือท้องฟ้าประมาณ ๒% จึงมีวัตถุท้องฟ้าที่นำมาใช้ตรวจได้อยู่เพียง ๑ - ๒ ดวง หรือไม่มีเลย

จากข้อจำกัดนี้พอสรุปได้ว่าไม่สามารถใช้วัตถุท้องฟ้าที่มีตำบลที่ GP อยู่ในแผนที่เดินเรือขณะนั้นมากำหนดเป็นแนวทางในการหาตำบลที่เรือดาราศาสตร์ได้นั่นก็คือ**ไม่สามารถนำวิธีการ**

หาความสัมพันธ์ระหว่างตำบลที่ที่ใช้ในการเดินเรือชายฝั่ง หรือวิธีการหาที่เรือชายฝั่งโดยตรงมาใช้เป็นวิธีหาตำบลที่เรือดาราศาสตร์ได้

การหาตำบลที่เรือไม่ว่าวิธีใดก็ตาม สิ่งที่นักเดินเรือต้องการคือ **เส้นตำบลที่ (Line Of Position, LOP)**

- LOP ของการแบริ่ง คือ เส้นแบริ่ง หรือเส้นตรงที่ลากจากที่หมายไปทางทิศกลับกับทิศที่แบริ่ง

- LOP ของการวัดระยะระหว่างตำบลที่เรือ กับที่หมาย คือ เส้นรอบวงของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ตำบลที่ของที่หมาย รัศมีเท่ากับระยะห่างระหว่างตำบลที่

- LOP ของการวัดมุมระหว่างที่หมาย คือ แขนทั้งสองของมุมที่วัดได้ โดยแขนของมุมทั้งสองต้องลากผ่านที่หมายที่ใช้วัดมุม

การพล๊อต LOP ลงในแผนที่เดินเรือ LOP ของการแบริ่ง และของการวัดมุม ไม่สามารถทำได้หากตำบลที่ของที่หมายไม่อยู่ในแผนที่ที่ใช้ขณะนั้น เพราะไม่มีจุดเริ่มต้น แต่สำหรับการพล๊อต LOP ของการวัดระยะห่างระหว่างตำบลที่สามารถทำได้ ขอยกตัวอย่างประกอบคำอธิบายดังนี้ (สมมุติให้ระบบพิกัดที่ใช้เป็นระบบพิกัด X,Y เพื่อง่ายต่อการอธิบาย) เรือหลวงเจ้าพระยา เดินทางด้วยเข็มจริง ๐๔๕° ความเร็ว ๑๕ นอต เมื่อเวลา ๐๙๑๕ ต้นหนทำการหาที่เรือโดยการวัดระยะจากเกาะกระ ($\mathbf{X_o,Y_o}$) ได้ระยะ $\mathbf{R_1}$ ไมล์ ให้พล๊อต LOP ขณะนั้น

การพล๊อต LOP ในกรณีที่ตำบลที่ของที่หมาย ไม่อยู่ในแผนที่ ทำได้โดย

๑.ใช้ตำบลที่ที่คาดว่าน่าจะอยู่ใกล้ตำบลที่เรือมากที่สุด เป็นตำบลที่สมมุติ (Assumed Position, **AP**) ในที่นี้กำหนดให้ AP อยู่ที่ $\mathbf{X_1,Y_1}$

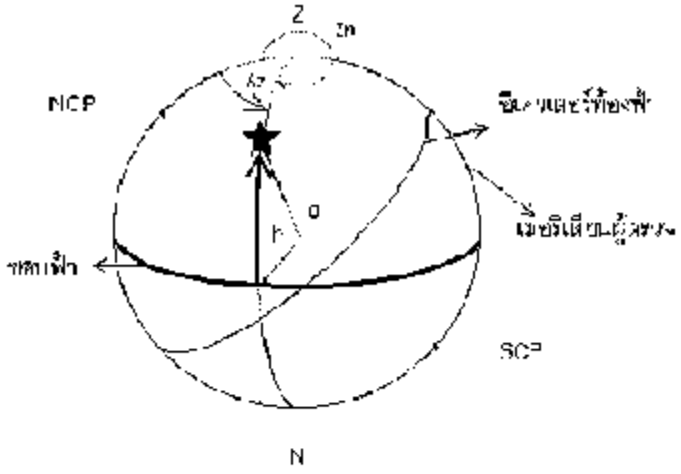
๒.คำนวณหาระยะห่างระหว่าง เกาะกระ กับ AP ได้ระยะ $\mathbf{R} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

๓.คำนวณหาแอซิมัธจริง (Zn) ของเกาะกระ จาก AP $\mathbf{Zn} = 90^\circ - \tan^{-1}(\Delta Y/\Delta X)$

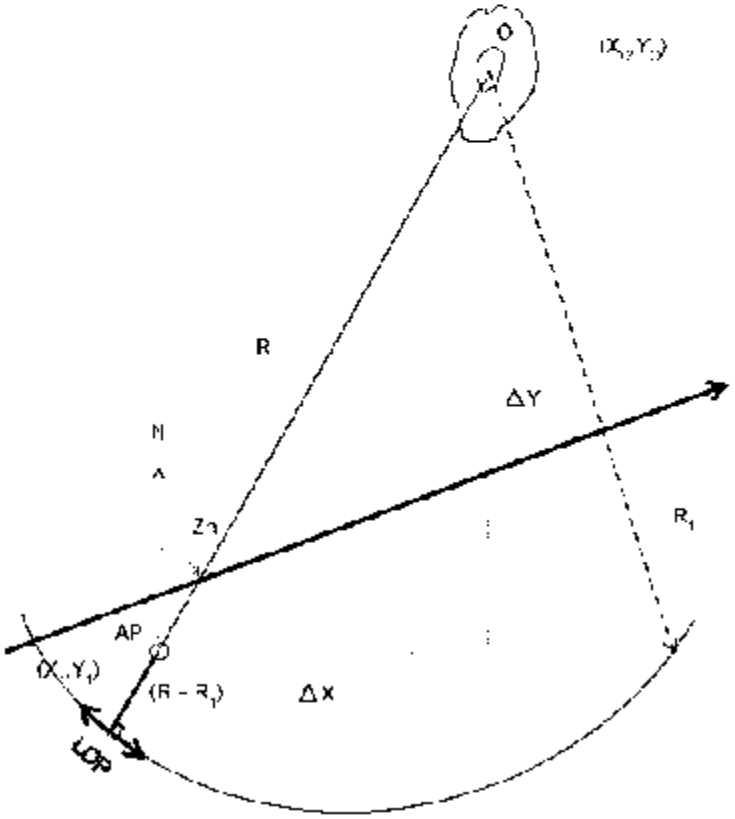
๔.หาระยะห่างระหว่าง LOP ที่ผ่าน AP (ระยะ **R**) กับ LOP ที่ผ่านตำบลที่เรือ (ระยะ $\mathbf{R_1}$) มีค่าเท่ากับ $\mathbf{R - R_1}$

๕.การพล๊อต LOP ของตำบลที่เรือ จากทฤษฎีที่ว่า เส้นรอบวงของวงกลมต้องตั้งฉากกับรัศมีเสมอ เราจึงดำเนินการตามวิธีดังนี้ ที่ AP ลากเส้นตรงไปในทิศของเกาะกระ (Zn) (เส้นตรงนี้คือส่วนของรัศมีของวงกลมที่ลากจากเกาะกระถึง AP) จาก AP วัดระยะ**เท่ากับ**ผลต่างของระยะห่างระหว่าง LOP ไปตามแนวเส้นตรงเส้นนี้ ในทิศทางเข้าหา หรือออกจากเกาะกระ **ขึ้นอยู่กับระยะทางที่วัดได้ ว่าจะสั้นกว่า หรือยาวกว่าระยะทางที่คำนวณได้ของ AP** จากนั้นลากเส้นตั้งฉากออกไปทั้งสองข้าง **เส้นตั้งฉากนี้คือ LOP ที่ผ่านตำบลที่เรือ**

การที่นักเดินเรือสามารถพล๊อต LOP ของการวัดระยะห่างจากที่หมายที่อยู่ไกลออกไปนอกแผนที่ได้นั้น **ในการเดินเรือดาราศาสตร์นักเดินเรือจึงใช้การวัดระยะห่างจากวัตถุท้องฟ้า (๙๐°-สูงของวัตถุท้องฟ้า) หรือการวัดสูงของวัตถุท้องฟ้า เป็นวิธีการในการหาตำบลที่เรือดาราศาสตร์**



ระบบขอบฟ้า



การพล็อต LOP ของการวัดระยะห่างจากที่หมาย

วิธีการหาตำบลที่เรือดาราศาสตร์

การหาตำบลที่เรือโดยใช้การวัดระยะห่างจากที่หมายที่รู้ตำบลที่แล้ว เป็นวิธีการเดียวที่สามารถนำมาใช้หาตำบลที่เรือดาราศาสตร์ได้ ตามวิธีการพล๊อต LOP ที่กล่าวข้างต้น นักเดินเรือต้องกำหนดตำบลที่ AP แล้วนำไปคำนวณหาระยะห่างและแอซิมัธจริง (Zn) ไปยังวัตถุท้องฟ้า ก่อนจะนำไปเปรียบเทียบกับระยะที่วัดได้เพื่อพล๊อต LOP ต่อไป ในการคำนวณระยะห่างหรือสูงคำนวณ และแอซิมัธจริงของวัตถุท้องฟ้านั้น สามารถทำได้โดยนำเอาระบบพิกัดอิเควเตอร์ท้องฟ้า ซึ่งมีขั้วท้องฟ้า (NCP, SCP) กับอิเควเตอร์ท้องฟ้าเป็นหลักของระบบ มาประกอบกับระบบท้องฟ้าซึ่งมีจุดเซนิธ (Z) กับเส้นขอบฟ้าเป็นหลักของระบบมาประกอบกัน ทำให้เกิดสามเหลี่ยมทรงกลมขึ้นประกอบด้วย ขั้วท้องฟ้าเหนือ (NCP) จุดเซนิธ (Z) และวัตถุท้องฟ้า มีด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมได้แก่ NCP – Z มีความยาว 90° – LAT (CO – LAT) Z – วัตถุท้องฟ้า มีความยาว 90° – ALT (CO – ALT) และ NCP – วัตถุท้องฟ้า มีความยาว 90° – DEC (CO – DEC) มุมที่ NCP เรียกว่า**มุมเมอริเดียน (t)** มีชื่อเป็นตะวันออก (E) หรือตะวันตก (W) ขึ้นอยู่กับการวัดมุมวัดไปทางทิศใด และมุมที่จุดเซนิธ (Z) เรียกว่า **มุมแอซิมัธ (Az)** เป็นมุมที่วัดที่จุด Z โดยมีชื่อเรียกตามจุดที่เริ่มวัด ถ้าวัดจาก NCP จุดเริ่มก็จะเป็นเหนือ (N) หากเริ่มจาก SCP จุดเริ่มก็จะเป็นใต้ (S) ตามด้วยมุมที่วัดได้ถึงวัตถุท้องฟ้ามีค่าเป็นองศา และตามด้วยทิศของวัตถุท้องฟ้าว่าอยู่ทางทิศใดของผู้ตรวจ (ตะวันออก “E” หรือตะวันตก “W”) เช่น N 28° E หรือ S 105° W เป็นต้น สามเหลี่ยมที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า **สามเหลี่ยมดาราศาสตร์** และจากสามเหลี่ยมดาราศาสตร์สามารถนำไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้ ดังนี้

$$\text{Sin } h = \text{Sin } L \ \text{Sin } d + \text{Cos } L \ \text{Cos } d \ \text{Cos } t$$

$$\text{Sin } Zn = \frac{Cos\ d \quad Sin\ t}{Cos\ h}$$

h = มุมสูงของวัตถุท้องฟ้าที่คำนวณได้
Zn = มุมแอซิมัธของวัตถุท้องฟ้า
L = ละติจูดของ Ap
d = ดิคลิเนชั่นของวัตถุท้องฟ้า
t = มุมเมอริเดียน

การพล๊อต LOP ของวัตถุท้องฟ้า

๑. กำหนดตำบลที่ของ AP ได้ค่าละติจูด (L) และลองจิจูด

๒. หาค่าพิกัดระบบอิเควเตอร์ท้องฟ้าจากปฏิทินดาราศาสตร์ (Almanac) ได้ค่าดิคลิเนชั่น (d) และมุมเวลากรีนิช

๓. หาค่ามุมเมอริเดียน (t) คำนวณจากลองจิจูด และมุมเวลากรีนิช

๔. คำนวณหาสูงคำนวณ (h) และมุมแอซิมัธ (Zn) ของวัตถุท้องฟ้า

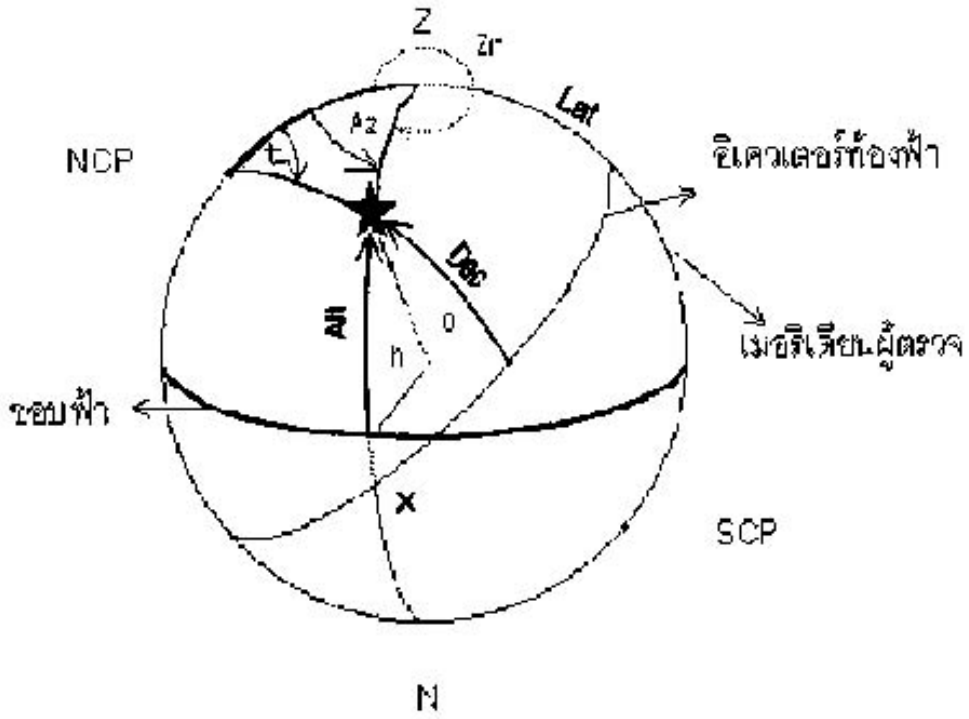
๕. หาแอซิมัธจริง (Az) จากมุมแอซิมัธที่คำนวณได้

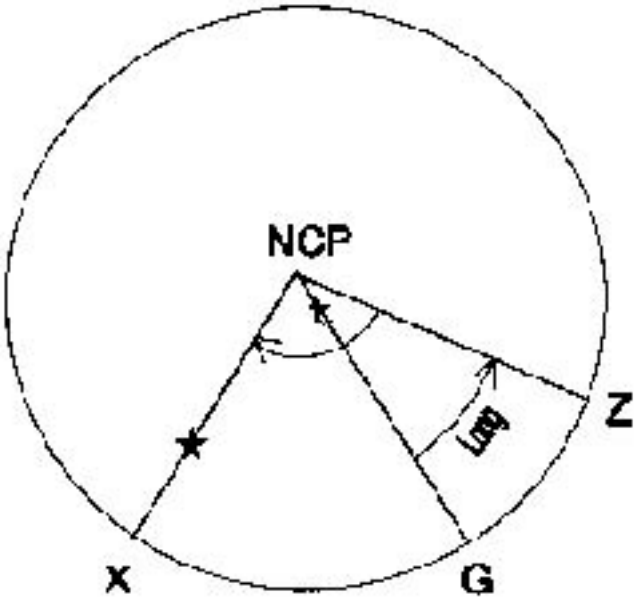
๖. หาระยะห่างที่คำนวณได้จากสูงคำนวณ (90° – สูงคำนวณ)

๗. หาระยะห่างที่วัดได้จากสูงที่วัดได้ (90° – สูงที่วัดได้)

๘. พล๊อต LOP จาก AP ตามวิธีการที่กล่าวมาแล้ว

หา LOP จากการวัดสูงวัตถุท้องฟ้า ๓ ดวง จะได้ LOP ๓ เส้นตัดกัน นักเดินเรือก็จะได้ตำบลที่แน่นอนตามที่ต้องการ





สามเหลี่ยมดาราศาสตร์

สรุป แนวทางในการหาตำบลที่เรือดาราศาสตร์ได้จากการนำเอาวิธีการหาที่เรือในการเดินเรือชายฝั่งมาวิเคราะห์ ผลจากการวิเคราะห์ได้ข้อจำกัดว่าตำบลที่ของที่หมายที่ใช้หาที่เรือ ต้องอยู่ในแผนที่เดินเรือที่ใช้อยู่ขณะนั้น เนื่องจากวิธีการหาตำบลที่ที่ใช้ต้องการจุดเริ่มต้นหรือจุดอ้างอิงในการลากเส้นตำบลที่ (LOP) ซึ่ง LOP เป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องการ ในการหาที่เรือ

แผนที่เดินเรือขนาดเล็กที่สุดที่นำมาใช้ในการเดินเรือมีมาตราส่วน ๑ : ๒๔๐,๐๐๐ ครอบคลุมพื้นที่ในระยะ ๑๒๐ – ๑๘๐ ไมล์ทะเล ซึ่งหมายความว่าที่หมายที่จะใช้ในการเดินเรือชายฝั่งต้องอยู่ห่างจากผู้ตรวจได้ไม่เกิน ๑๘๐ ไมล์ทะเล นั่นก็คือหากต้องการใช้วิธีการหาที่เรือชายฝั่งมาใช้ในการเดินเรือดาราศาสตร์ ตำบลที่ GP ของวัตถุท้องฟ้าต้องอยู่ห่างจากผู้ตรวจได้ไม่เกิน ๑๘๐ ไมล์ทะเล หรือ ๓° (๙๐° – สูงของวัตถุท้องฟ้า) แสดงว่าวัตถุท้องฟ้านั้นต้องสูงเกินกว่า ๘๗° ขึ้นไป หรือคิดเป็น ๒% ของท้องฟ้า ซึ่งมีวัตถุท้องฟ้าอยู่ประมาณ ๑ - ๒ ดวง หรือไม่มีเลย จึงไม่สามารถนำวิธีการหาที่เรือชายฝั่ง

มาใช้หาที่เรือดาราศาสตร์ได้โดยตรง

วิธีการหาที่เรือชายฝั่งมีวิธีการเดียวที่สามารถพล๊อต LOP ได้ โดยที่ที่หมายที่ใช้ในการหาที่เรือไม่อยู่ในแผนที่เดินเรือ นั่นก็คือวิธีการวัดระยะห่างระหว่างที่หมายกับผู้ตรวจ ทำได้โดยกำหนดตำบลที่สมมุติ (AP) เป็นจุดอ้างอิง คำนวณระยะห่างและแอซิมัธจริง ระหว่าง AP กับที่หมาย นำระยะห่างที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับระยะห่างที่วัดได้ **ผลต่างที่เกิดขึ้นเป็นระยะห่างของ LOP เข้าหรือออกจาก AP ไปตามแนวทิศแอซิมัธจริง** ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำมาใช้กับการหาที่เรือดาราศาสตร์ได้ โดยการวัดสูงของวัตถุท้องฟ้า ระยะห่างของวัตถุท้องฟ้าก็คือ ๙๐° – สูง การเปรียบเทียบระยะห่าง จึงเป็นการเปรียบเทียบสูงระหว่างสูงคำนวณ กับสูงจริงที่วัดได้ การหาที่เรือดาราศาสตร์ก็คือ **การหาตำบลที่โดยการวัดระยะห่างระหว่างที่หมายกับผู้ตรวจ**นั่นเอง