

졸업논문

항해의 발달과정  
(The Development Process of Navigation)



1997년 11월

한국해양대학교 해사대학  
해사수송과학부

이 세 준

## 1. 序論

옹고지신(翁姑知新)이란 말이 있다.

옛것을 모르는 이 현재를 알 수 없고, 현재를 모르는 이 미래를 알 수 없다.

이것이 역사를 배우는 이유일 것이다.

항해학을 배우는 우리도 마찬가지이다.

항해의 미래를 예측하기 위해선 과거부터 잘 알아야 할 것이다.

항해의 역사는 피로 쓰여져 왔다고 해도 과언이 아니다. 모두가 목숨을 걸고서 발전시켜 온 것들이다. 거기에 비해 우리의 자세는 너무 안일한 것이 아닐까?

의당 배우려니 하는 생각과 당연한 것처럼 여기는 생각들. 하지만 그 이면의 선배들의 희생을 한 번쯤 돌아보아야 할 것이다.

이 글은 원시시대의 항해부터 현재의 항해까지의 발달과정을 나열해 놓았다. 그리고 나아가서 예상되는 미래의 항해까지 전망해 보았다.



## 2. 고대의 항해

최초의 배는 강에서 고기를 잡거나, 강을 건너거나, 식량이나 사냥감이 풍부한 섬에 도달하는데 사용되었을 것이다.

배는 노나, 삿대를 사용했고, 재료는 아래와 같다.

1)뗏목

2)나무뼈대에 동물의 가죽을 입힌 것

3)통나무를 반으로 잘라서, 끝이 붙여진, 나무 stretcher에 의해 벌여진 것.

4)큰 나무의 속을 파낸 것. 후에 속을 파낸 것의 측면을 올리기 위해 판재를 묶었다; 후에 통나무는 물로 부드럽게 만들고, 선폭을 넓히기 위해 막대를 부착했다.

역사적으로 peruvian Indian과 Gulf Arab들은 갈대로 배를 만들었다. Australian aborigines와 North American Indian들은 나무껍질로 만들었고, Gaelic people은 coracles또는 curraghs라 불리는 동물가죽으로 만든 배를 가지고 있었다.

south american indian은 통나무배를 만들었다. 아일랜드 습지의 존재는 지중해 방문자들에 의해 보고되었다 ; 강을 항해하는 배는 한명이나 2명에 의해 이동될만큼 가벼워야 한다.

항해는 육지물표에 의해 유지된다. 항해사나 선장은 육지 가까이에서 항해하고, 지역의 세부사항을 알고 있었다. 유일한 장비는 육지로부터 거리를 재고 자초를 방지하는데 사용하는 sounding log하나뿐이었다.

항해술이 발달함에 따라 사람들은 유용한 섬을 찾거나 먼바다로 고기를 잡으러 다니게 되었다. 통나무배와 갈대배도 때때로 바다에서 이용되었지만, 중요한 대양문화는 큰 목재물로 된 늑골과 지지대로 된 배의 구조를 배움으로써 펼쳐졌다(뗏목과 통나무배의 구조 확장)

선박역사가는 접합된 판재는 인도양에서 발견된다고 말한다. 반면에 포개진 판재는 지중해에서 발견된다고 말한다. 청동기전의 판재는 묶거나, 나무못을 사용했다. 철의 발명(B. C 3000)후에, 판재못이 사용되었다. 그러나 못은 부식이 되었다. 초기에는 가죽끈이나, 나무못보다 비쌌다.

금속도구의 발명은 선박의 건조에 필요한 노력을 줄여주었다. 따라서 배의 크기가 커지고, 수도 많아졌다. Western Hemisphere 선박제조자들은 유럽인들과 왕래할때까지 금속도구를 사용하지 않았다. 그렇지만 California 연안의 Stone Age Indian들은 10000년전에 15nm 떨어진 Channel섬에 도달했다.

이 섬들은 육지에서 확실하게 보였고, 갈대배로 배고픈 사냥꾼들에 의해 도달했을

것이다. 후에 Chumash Indian들은 카누를 만들었다. 그들은 통나무배에 판재를 엮는 방법을 배웠다. 그래서 측면을 올려 안전하고 정기적인 항해를 2000년전에 했다. 그러나 그들은 유럽이나 아시아의 카누처럼, 안쪽의 딱딱한 프레임을 사용하지 못했다.

B. C 3000년경 선박으로 유명한 강, 호수, 연안에서 어업과 무역이 성행했다. B. C 7000년경에 처음으로 돛이 배의 그림에 새겨졌다. B. C 3500년경의 이집트인의 그림은 갈대돛단배를 나타낸다.

돛의 발명으로 긴여행, 연안선을 따른 어업, 무역, 침략등이 가능하게 되었다.

선박역사가들은 정방향의 돛은 지중해에서, 삼각 라틴 돛은 동양에서 발견된다고 한다. 이집트의 배는 뱃머리가 긴데 수중바닥의 깊이를 썰수 있는 공간이다. 많은 설화들은 밤에 선원들이 잘수 있고, 적에 대한 대비도 할 수 있는 연안선에 대해 이야기하고 있다. 대중의 설화는 불로 여울까지 연안선을 유인해서 파괴시키고 물건을 빼앗는 마을 사람들을 이야기한다. 항해는 이시대에 위험한 것이었다 ; 육지에서는 도둑을 만나기 쉽고, 연안에서는 도둑을 만나기 쉬웠다. 그래서 육지에서 멀리 떨어진 상인들은 그들이 볼수 없던 수평선 너머로 항해했을 것이다. 그들은 밤중에 멈추고 안전한 통항을 위해 그지방인들의 협조를 얻었다.

원양업의 힘은 선박이 쉽게 장소를 찾을수 있는 Caesarea, Israel의 현대도시는 Phoenician beach stop을 설치했다. 무역선이나, 군함은 beach stop에 약간의 세금을 지불했고, 다음에는 더욱 안전하게 항해했다. 항해시, 천상측정기가 맑은 날에 사용되었지만 조심해야만 했다. 옛날 사람들은 빙하기의150000년전에 몇몇의 섬(영국이나 일본같은)에 도달해왔다.

석기시대에 사람들은 모든 대륙에 살고 있었다. 수만년전부터 그들은 뗏목이나 배로 강을 건너고, 그배를 만들 수 있었다는 증거에서.

항해술은 여러지역에서 발달해 배안에서 밤이나 낮을 보낼수 있게 되었다. 'populate'는 처음 도착했다는 용어이다. 'invaded'는 다음장소의 용어이다. 'Rhodes'에서 100mile 떨어진, 터키에서 30mile 떨어진 Crete는 서쪽에 B. C 7000년경까지 거주되었다. 이것은 Labrador와 Maine가 B. C 2000년경에 1000마일 떨어진 곳에서 무역을 했다는 것을 보여준다. 화물은 짧은 연안에서 이동되었고 이웃에서 이웃으로 이동되었다. 거기에는 흑해의 연안을 따라 항해한 이집트의 상형문자가 있다. Babylonian들은 향료를 Arabian peninsula에 교역하고 있었다. B. C 500-1500년경 동 지중해의 Semitic Phoenician들은 서쪽과 교역했다. 적어도 홍해남부와 그리스의 Mycenaean왕조의 거리를 그들은 연안을 따른 정규항로를 갖고 있었다. B. C 1400년의 상선으로 보이는 침몰선이 1986년에 발견됐다. 성경에도 동아프리카와 홍해의 고대 이스라엘에 관련된 상선대가 언급되어 있다.

호머는 오딧세이가 큰곰자리를 보고서 항해했다고 말한다. 그는 또 그리스에서 아프리카까지 남쪽방향을 지정한다.

땅의 표시가 없는 여러날의 항해에는 큰배와 더 우수한 항해장비, 의료기술등이 필

요로 했다.

연안항해는 추측위치, 수심측정, 날씨와 파도의 관찰, 물표의 관측이었다. 폭풍을 만났을 때, 선장은 육지에 입항해서 위험을 피했다.

가장 오래된 항해보조시설은 B. C 660년경 시인에 의해 묘사된 Sigeum의 그리스 등대였다. 그것은 바다신을 위한 사원의 일부분이었다. 그리스와 페르시아인들은 특별한 지식없이 갤리선을 사용했다. 그들은 먼거리를 항해했지만 창고가 작았기 때문에 자주 멈춰야 했다. 전쟁에서는 적을 떠받기위해 돛을 때놓고 다녔다.

B. C 3000년경 Alexandrian들은 전쟁을 위한 코끼리를 이동하는 지점으로 페르시아만에 식민지를 세웠다. A. D 100년까지 이집트인과 그리스인들은 개방된 인도양을 지나 인도까지 안전한 항해를 했다. 그들은 그들의 목적지 인도 동부에 도착하기 위해 남쪽으로 항해했다. 그러나 신약성서에는 지중해의 항해자들이 몇일동안 태양과 별이 보이지 않아 살아남을 희망이 없다고 말해졌다.

큰 이주는 역사시대까지 남동아시아섬들에 밀집되었다. 아랍, 중국, 인도네시아, 말레이, 페르시아 등이 인도양을 항해했다. 페르시아와 아랍항해자들은 B. C 2000년경 이전에 목선으로 인도와 아프리카를 항해했다. A. D 100년경 그들은 인도양을 횡단하는 안전하고 빠른 항로를 항해할 기술과 큰 배를 가지고 있었다. 그들은 맑은날 밤 극성의 고도로 위도를 측정할 줄 알고, 목적지의 위도로 선수를 맞췄다. 그러나 바람의 영향 때문에 바람 아래로 항해했다. 아랍의 무역루트는 지금의 케냐까지 남서쪽으로 넓혀졌다. A. D 950년에 시작된, Swahili무역업자들은 Europe, China, Egypt, Baghdad 까지 교역하기 위해 Zanzibar 북쪽의 아랍인들과 교역하기 위해 노예, 크리스탈, 금, 상아를 모우기위해 동아프리카를 항해했다. 아프리카 최북단의 Shanga유적에서는 A. D 1000년경의 무역표시가 발견됐다. 아프리카의 배는 30피트의 길이로 인도네시아 형태의 판재를 묶은 것이다. 동아프리카인들은 북부에서 아랍인들과 무역을 했지만 Comoro섬을 통해 120nm 떨어진 Madagascur에 도착할 수 있었다. 인도네시아인들은 A. D 500년이전에 Madagascur을 식민지화했다. 고대의 무역상은 물건을 빼앗는 것보다 사는 것이 장기적으로 이익이 된다는 것을 알고 있는 영리한 무역업자였다. 해군은 해적행위나 약탈의 보복행위를 담당했다. 장기적인 무역형태는 왕들간의 선물교환으로 협상되었다. 상인들이 사절이 되었다. 왕들간의 선물의 교환후 무역이 되는 것은 1600년대의 중국에서 유행했다. 무역의 존재는 지역을 통한 경제질서의 유지에 요구되었다. 가장 어렵고, 모험심이 많은 무역업자들은 안전한 지역너머를 탐험했다. 이러한 위험으로, Byzantine emperor, Justinian 아래에서 이점을 주었다.

Viking과 Celt들은 이전에 버려진 A. D 700년, 육지에서 200마일 떨어진 furoes 와 Shetlend섬에 정착했다. 날씨가 좋을때에는 노르웨이나 스코틀랜드에서 이러한 섬을 여행할 때 잘보였다. 아일랜드인들은 Faroes에서 Iceland에 도착했다. 그들은 Shetlcud의 항로로 좋은 날씨이면 늘 보이는 육지를 항해했다. Celts와 Viking들은 여름에는 나침반 없이 항해했다. 새를 따라 항해하기도 했다. 1500년경의 인도에서

는 무역선은 Noah처럼 새를 따라 이동했다. 새장은 고대선박에서는 필수적인 것이었다.

남서태평양은 Austialoid사람들도 정착했다. 10000-40000년전에 항해술이 보잘것없었던 때부터, 인도네시아, 보르네오, 말레이시아가 하나의 반도로 되어있었을 때, 뉴기니 주위의 섬들이 가까이 있었는데, 서태평양의 섬들 사이가 오늘날보다 가까웠을 때 인도에서, B. C 2000년 이후로 남부에 퍼진 인도-유럽인들을 Dravidian 이라 불렀다. 북쪽의 원주민을 대신해, Australoid 와 Dravidians들은 모두 Maldive섬에서 900마일 떨어진 Diego Gareia에 도달하지 못했다. Australoid는 Burmise mainlard에서 200nm떨어진 Andaman섬에 도달했다. 중국의 대양항해에 대한 기록은 A. D 500년경에 행해졌다고 기록되어 있다. A. D 760년의 Euphrates의 입구탐험도 기록되었다. 한국의 철갑선은 A. D 1592년 일본 선단을 부수었다.

A. D 1100년경까지 인도, 서아프리카, 아라비아의 아랍무역업자들은 인도양에서 중국무역업자들과 공통했다. 중국의 탐험은 1405-1433년에 Bornee,Philippine, East Africa에 다달았다. 1433년 이후에, 아랍의 경쟁과 중국의 관리들은 중국배에 의한 대양항해를 끝냈다.

후에 라틴 문화의 아시아 민족들이 Dewood의 언급에서 밝힌 바와 같이 B. C 1500년경에 Micronesian섬을 침략했다. 그들은 측면을 판재로 올린 35피트의 카누를 타고 이동했다. 때때로 동남아시아로부터의 반복되는 인구이동과 섬들의 인구과잉은 끊임없이 이주와 전쟁을 야기시켰다. 가장 최근의 흐름은 A. D 400년경에 Micronesia를 출발했고, 현대의 Polynesians가 된 동태평양의 무인도를 식민 화했다. 쌍동선은 화산섬에서 발견된다. 육지와는 전혀 관련이 없다. 따라서 유사시에 무인도로 간다. 이때는 70피트의 2개의 카누로 East Island와 뉴질랜드만큼 떨어진 A. D 500-1000에 있었다. 그것들은 Polynesian 이주의 문헌에서 큰 몸체를 가지고 있었다는데 몇몇은 사실이고, 몇몇은 거짓이다.

Micronesian과 Polynesian의 항해는 낭만적이고, 아주 정확했다. 사실 씨족들은 망명하거나, 식량이 떨어졌을때 항해를 했다. cook 선장이 Polynesia에 도착했을 때, 원주민들은 그가 기근으로 고통받는 나라에서 망명했다고 생각했었다. 그래서 여자는 왜 데리고 오지 않았는지 궁금해했다. Polynesian들이 적대시하지 않은 것이 놀라운 일이 아니다. 그들은 겸의 이방인들을 죽이는데 익숙해 있다. 섬에 이주한 씨족들은 원주민과 싸워야 했고, 지는 쪽은 떠나야 했다. 그들은 배에 식량을 싣고, 친한 부족이 살고 있는 섬에 닿거나 그들이 일할수 있는 무인도를 찾는다는 희망을 가지고 항해를 떠났다.

A. D 1600년경의 이러한 침입은 동쪽 섬의 조형물을 건축으로 끝냈다. 오랜 항해의 선원들은 도착했을때, 기근에 시달렸다고 기록되었다. 그래서 여러달을 쉬어야 했다.

태평양섬의 어부들은 섬들사이에서 항해방향을 기억하고 있었다. 그들은 별을 볼줄 알았고, 파도의 상태, 암초와 섬들, 섬근처의 새들, 항로와 섬들의 이름을 포함한 모



든 것을 기억하고 있었다. 그들은 음율이 있는 노래나, 물결의 흐름으로 항정을 측정했다.

Polynesian water clock의 추측은 60년에 증명되었다. Mashall 군도에서는, 파도 유형도가 견습을 위한 보조기구로 사용되었다.

Polynesian들은 남북으로 충분히 여행했기 때문에, 한밤중에 그들의 머리 위에 있는 별들과 각항구들을 연계시킨 중세 유럽인들과 아랍인들의 수준에서 위도의 개념을 이해했다. Micronesian들은 동서로 여행했기 때문에 위도 측정을 하지 못한 듯 한다. 역사사의 시대의 Micronesia인들의 오두막에는 초가지붕아래에 노인들이 올라 항해에 대비해 다양한 시간, 계절에서의 하늘의 상태를 가르칠수 있는 관측소가 있었다 : 문자 이전시대 사람들에게는 기억이 보편적인 수단이었다. 긴 항해에 앞서 그들의 오두막의 지붕에서는 별자리들, 바닥에서는 막대기로 이루어진 파도의 지도가 요약되어 갖추어진 항해사를 상상할수 있다.

태평양 가운데서 북극성은 지평선에 가깝고, 종종 구름에 가리워지며, 거의 수직적으로 뜨고 진다. 그 때문에 항해사들은 별들의 연속된 위치를 기억함으로써 방향을 잡을 수 있었다. Micronesian들은 지평선을 15개의 별들이 뜨고 지는 것에 따라 32개의 균등하지 않는 “compas”지점으로 나누었다. 각각은 흐릴 경우에는 교대로 수 시간씩 방향을 이끌어 주도록 이용될수 있었다.

낮에는 방위각의 기준은 태양인데, 그것은 일출과 일몰시에 보이는 별을 기준으로 조종되어야 했다.(그들은 태양의 계절별 이동경로에 대한 조직적인 지식을 갖지 못했다. 그래서 Micronesian의 항해는 섬들 사이의 방위각의 기억에 의존했다. 예측하지 못한 수평적 해류와 폭풍은 배를 그 경로에서 벗어나게 했고, 그 위치에서는 항해사들은 그의 위치를 다시 계산하지 못했다. 그러면 그는 마음대로 방향을 잡아 항해하고, 그와 그의 무리들이 죽기 전에 다다르기를 희망하면 군도 쪽으로 향한다. 만약 그의 길을 잃어버린 배가 적대적인 해안에 다다르게 되면 노예가 되거나 죽임을 당하게 될 것이다.

동-서 여행이 남-북 간의 방위각은 수정될 수 없기 때문이었다. 컴퍼스의 두점의 오차는 약 1000마일의 남북항해에서 300마일의 오차를 나타냈다. 유럽의 식민개척자들은 처음에는 정교한 항해 장비가 요구되었기 때문에 장기 항해를 금했다. 20세기초에는 증기기관으로 젊은 섬사람들은 항해를 하게 되었다.

- 1> 낚시배로의 섬의 발견은 항로를 벗어났거나, 망명에 의해서였다. 많은 우연이 알려지지 않은 섬을 발견하였다.
- 2> 씨족의 재산으로서, 식량 자원으로, 과잉인구의 목적지로서의 섬의 소유권
- 3> 되돌아 오는 항해는 여러 가지 방법으로 변화되었다.
- 4> 경쟁적인 씨족들의 충돌; 충돌의 가능성은 밀집된 섬들의 거리에 따라 줄어든다.

### 3. 근대의 항해

#### 1> 방위

방위의 개념은 초기의 항해자와 천문학자 사이에 대두되었다. Babylonian 천문학자들은 태양의 움직임에 따라 horizon circle을 360부분으로 나누었다. 지중해의 항해자들은 일반적인 바람에 따라 horizon을 나누었다. 그리스와 로마인들은 4개의 방향에 이름을 붙이고 8 부분 또는 12부분으로 horizon circle을 나누었다. 8부분으로 나눈 것은 1250-1295년까지 유럽에서 쓰였다.

나침판의 발명이후로, 중세 후반의 이탈리아 항해자들은 로마의 8방위를 16방위로 나누었다. 왜냐하면 가능한 한 정확한 조선이 필요했기 때문이다. 네덜란드의 항해자들은 32방위로 나누었다. 유럽의 탐험시대동안 16, 32방위가 표준이 되었다. 아랍인들과 태평양섬 사람들은 15개의 별의 출몰의 방위로 독특한 32방위로 나누었다. 별은 동쪽에서 떠서 서쪽으로 180도 움직여서 진다. 이러한 구조는 항해의 양적으로 발전을 가져오지 못했다. 적도 가까이에서는 별은 수직으로 뜨고 지기 때문에 지구 주기의 시간수정 없이 사용 가능했다.

1519년에 Pigafetta는 360도방위를 제안했다. 360도 방위는 항해사들에 의해 적용될때까지 19-20세기 이전에는 쓰이지 못했다.

처음에는 북대서양, 태평양, 인도양의 몇몇 항해자들이 해적이나 세금징수자들을 피하기위해 방향항해를 시작했었다. 위도를 측정하는 선원의 능력에도 불구하고, 구름낀 날에는 바람과 파도만이 방향을 제공했기 때문에 위험했다. 그러나 중국, 페르시아, 북유럽에서 나침판이 전해졌을 때 큰 기술의 변화가 왔다. A. D 1100년 나침판은 방향항로의 위험을 크게 감소시켰다. 1200년대에, 중국과 유럽의 중요한 항구의 나침판의 방위가 나열돼 있다. 그렇지만 2차원의 위치는 바다에서 불가능했다.

나침판은 여러 문화에서, 초자연적인 것으로 간주되었다. 선장은 자석을 정기적으로 종교적인 예식으로 옮겼다. 북극성을 보는 눈금까지도 예식화되었다. 영구적인 나침판은 1700년대 초기까지 사용되지 않았다. 떠있는 콤팩스 카드 구조의 나침판을 가진 북유럽의 배는 노로 조종하는 대신에 선미에 타가 달린 최초의 서양선인 12세기에 만들어진 100톤 크기의 'cog' 화물선이 되었다. 15세기에 배들은 400톤이 되었고 한달정도의 기간으로 식료품을 나눌수 있게 되었다. galleon선과 columbus 시대에, 이러한 배들은 정기항해에 이용되었다. Canary 섬, Azores, 서아프리카, 개방된 대양을 가로 질러서 동시대에(1200-1450) 중국인들은 동남아시아의 섬들과 인도양을 항해하는 수백톤의 판재 sampan선을 만들었다. 이시대의 중국항해사들은 천체관측을 통한 원시적인 나침판을 사용한 것 같다.

1400년대에, 정부보조금을 주는 항해는 끝났다. 동시에 타가 달린 배로 바꾸기 시



작했다. 이러한 변화가 발생하면서, 정치적인 이유로 해군이 해체당하고 무역은 지역화, 침체화 되었다.

1569년에 Mercator는 수학적으로 정확한 계획으로 세계지도를 만들었다. 많은 지도들이 자오선과 평행의 직사각형으로 되어있다. 그의 업적은 동서 크기와 같게 하기 위해 남북 크기를 늘린 것이다. 위도의 평행공간의 결과가 모두 같게 했다. 변함 없이 항로를 직선으로 그을수 있게 된 사실은 수백년동안 해운인들 사이에서 인기가 있게 만들었다. 그것은 특히 자차가 증명된 1580년 이후에 나침판에 의한 조선에 적합하였다. Mercator 지도와 인쇄술의 발명은 손으로 그린 portolan 지도를 사라지게 만들었다. 천체학자와 교육받은 항해사들은 자차가 지역에 따라 다르고, 시간에 따라 조금씩 바뀐다는 걸 알았다. 자차는 지도에 나타나고 도표화 되었다.

1870년에 철선이 나온후, 정교한 과정은 강철과 연철의 선체에 대한 보정이 발달되었다. 편차는 별에서 상대적으로 선박의 방위로, 많은 선수에서 측정되었다.

이러한 기본적인 자료로, 계산된 길이의 아홉 개의 쇠막대, 위치, 방위, 침투성이 나무로 된 나침에 있다. 이과정으로 40도의 편차가 3도이하로 준다. 보장과정은 화물이 적화 되었거나, 양하되었을 때, 자오선이 변했을 때 또는 배가 몇주동안 고정된 방위도 도킹되었을때, 되풀이 된다.

현대의 운송수단에서, 편차는 컴퓨터에 의해, 측정된 오차에서 적합한 방위의 연속에서 측정된다. 자이로 컴퍼스는 20세기동안 중요한 선수표시가 된다.

## 2> 위 도

1350-1750의 기간은 위도 측정의 시대였다. 초기에는 marine astrolabe로 정오의 태양 고도와 한밤의 별의 고도를 측정했다. 항해사는 그리고 그의 도표를 이동해서 위도를 계산했다. 계산은 삼각함수가 필요치 않았다. 위도는 정오의 측정치에서 태양의 위도를 빼고 90도를 뺀 값이다. 고도측정은 작은 배에서 진동하는 수직추와 관련이 있다. 이기간 동안 도표는 아라비아 숫자로 되었고, 로마숫자는 A. D 1600년부터 사라지게 되었다.

Sagres의 Henry왕자의 학교는 목적지까지는 바람을 맞받으며, 돌아갈때는 바람을 받으며 항해하는 '변함없는 위도 항해'의 기술을 발전시켰다. Hery 시대이전에는 스페인과 포르투갈 항해사들이 위도나 경도를 나타내지 못하는 북극성차를 이용했다.

1328년에, marine astrolabe를 대신할것이 나타났다. cross-staff는 수평선과 북극성 사이의 공간이 채워질때까지 수직으로 들고 눈을 움직이는 막대였다. 또 수평막대는 눈에서 막대의 수직거리, 즉 위도를 측정한다. 초기의 cross-staff 에는 여러 항구의 이름이 표시되었다. 항해사들은 지구는 둥글다는걸 몰랐기 때문에 수치는

사용되지 못했다. 그들은 각각의 항구를 위도로 생각했다. 그들은 고도각을 증가시키거나 감소시켜 조선하는 법을 알았다.

cross-staff는 1400년경에 널리 이용되었다. 태양을 직접보지 않고, 태양을 관측하는 back-staff 가 항해사들에게 사용되었다. 항해사들은 태양을 보지않고, 막대의 그림자를 관찰했다. cross-staff와 후속품들은 태양과 별을 수평각을 참고했고, 수직추의 아래제거는 astrolabe의 판독에 영향을 주었다.

1300년대의 인도양의 항해사들은 끝이 끈으로 묶여진 막대기로 된 cross-staff 같은 kamal이라 불리는 기구를 사용했다. 이 매듭은 wnddyg나 항구의 위도를 나타낸다. 이 막대는 항해사의 손에 들려, 바닥은 수평선을, 머리끝은 북극성을 나타낸다. 태양적위의 첫 번째 표는 1475년에 스페인에서 만들어졌다.

콜럼버스는 그의 첫 미국항해에서, quadrant로 쿠바의 위도를, 측정했다. 잘못된 북극성을 이용해서, 그는 11도나 높게 측정했다. 그는 나중에 정정했지만, 21도가 아닌 26도였다.

1650년대에, 맑은날에는 astrolabe와 sandglass로 시간을 계산하고, 태양이나 별의 고도각에서 위도를 측정했다. 흐린날에는 선속과 나침판으로 예상위치를 냈다. 1700년대 초기에 영국과 네덜란드의 항해사들은 스페인이나 포르투갈이 태양의 적위표를 사용했다. 1600년 이후로 망원경이 유럽에 나타났을 때, 유럽발명가들은 cross-staff에 이것을 결합시켰다. quadrant 가 1700년 후반에 8분으로 발달되었다. 항해사들은 수평선상의 하늘의 모양을 대신하기위해 거울을 회전시켰다. 거울의 큰 고도각을 직접 측정했다. 그것은 육분의로 발전해 오늘날까지 쓰인다.

### 3> 경도와 시간

Hipparchus와 Ptolemy는 월식기간동안, 다른 장소들에서의 별의 관측은 동시에 일어난다는 것을 알았다. 경도 추정은 유럽의 대탐험시대까지 이러한 방법으로 했다. Ptolemy는 지중해의 길이를 62도라고 했다. 실제로는 42도인데 , 18세기까지 지도에 이대로 되어 있다. 1520년대에, Flemish의 교수 Frisius는 시간이 계산되었을 때, 다른 두섬 사이의 경로 계산법을 보였다. 항해사는 별의 고도를 측정하고, 알려진 시간에서 위치를 계산하고, 구면삼각형에서 경도를 계산한다. 초기의 Northern Hemisphere 항해사들은 큰곰자리별의 위치를 기억함으로써 바다에서 시간을 예측했다. Nocturnal은 1772년에 처음으로 설명되었고, 기억도구로 1510년에 발달되었다. 항해사는 큰곰자리의 별에 팔을 세우고, 크기로 시간을 읽었다. 18세기의 시계들은 바다에서 정확하지 못했다. 1675년 Huygen의 시계는 gimbal에 장착되어 있을 때라도 하루에 1분 이상 오차가 나지 않는다.

유럽의 배가 낮선 장소에 장박했을 때, 항해사는 천문관측소를 세우고, 위도와 경

도를 측정한다. 항해사는 일식같은 별의 지방시간의 측정을 요청받는다. 예로, Amerigo Vespucci의 북아메리카의 항해에서 일식을 관측했다. 그는 정오에 sandglass로 측정했다.

콜럼버스의 2번째 항해때, Santo Domingo에서 월식을 관측하고 Nuremberg Observatory에서 예상된 시간과 비교했다. 그는 Santo Domingo는 Nuremberg의 서쪽 102도 30분 서쪽으로 23도나 더 지나간 이것은 그의 시계가 Nocturnal이나 astrolabe 로 측정했음에도 불구하고, Santo Domingo시간에 비교해 1.5시간 늦다는 것이다. 그의 예전은 음식을 나누어준 인디안들을 놀라게 했다. 이러한 것들로, 지도의 경도 정확도가 증가되었다. 해상에서 선박들간의 만남은 경도 정보를 경유하게 했다. 하지만 오차도 컸다.

1598-1714년 동안 스페인, 포르투갈, 베니스 (나중에는 홀란드, 프랑스, 잉글랜드)는 해상에서의 '경도 측정법'에 많은 상금을 제공했다. 정확도는 호(弧) (중분위도 20-40NM)의 30-60를 유지했다. 천문학자들은 달의 궤도나 목성의 위성의 식(蝕)을 관측하는 것에 관심이 있었다. 그런 관측들은 경도를 계산할 충분한 시간이 되었지만, 고배율의 망원경이 없었기 때문에 초기에는 좀 복잡했다. Jovian의 방법은 1680년대 초기에 프랑스의 교육받은 천문학자들에 의해 널리 이용되었다. 그러나, 항해사들은 자차를 관측하고, 해도에서 다소 부정확한 경도를 믿었다. 이 방법은 1800년까지 사용되었다. 1923년 무선통신국의 시대전까지 지속된 경도 측정의 해결 방안은 1760년대 John Harison과 그의 아들에 의해 나타났다. 그들은 정확한 보정(補正)후에 rolling과 pitching의 배위에서 1/100000의 시간을 유지하게 설계된 시계의 기술을 향상시켰다. 그것은 육상시계에서 쓰이는 흔들이추대신 비틀림추를 이용했다. 해상시계의 출현으로 항해사는 해상에서 구면삼각법을 알아야만 했다. 자오선을 정오에 잇는 별에서 위도를 계산하는 것은 고도의 측정에 도표화된 적위를 빼주는것만 하면 된다. 그러나 배위의 시계는 꼭 자오선이 아니더라도, 여러별의 고도 관측에서, 밤이든지 어느때라도 위도와 경도를 계산할수 있다. 해상의 삼각법은 1614년 Napier에 의해 개발된 logarithm으로 했다. 그래서 국가의 관측자들은 그들의 노력을 반으로 줄일수 있었다. Greenwich 천문대는 그의 첫 천측력을 1767년에 만들었다. 각각의 국가관측소는 국가의 배를 위해 0도로 두었다. 마침내 1884년에 국제 회의에서 영국의 관측소, Greenwich를 0도로 결정하고, 24시간대로 나누었다.

#### 4> 속도와 항정

해상에서 예상위치의 항정은 경과된 시간과 추측 속도에 의해 측정된다. 속도는 여러 가지 제반사항을 고려한 경험이 풍부한 선장이 예측했다. 측정은 아주 어려웠다.

2 노트의 조류는 하루에 5NM의 오차를 발생시키고, 25-30%의 항정의 더가야 했다. sandglass로 시간을 측정할수 있었을 때 물건을 선수에서 빠뜨려 선미에서 도달하는 시간으로 속력을 측정했다.

현대선박은 전자기 측정이나 pitot로 속도를 측정했다. pitot관 또는 pitometer 는 물이 안으로 밀려오는 압력을 측정한다. 'electromagnetic log'는 'stinger'또는 'sword'관에서 2개의 도체사이의 전기장을 물이 통과하는 것으로 속도를 측정한다. pitot관과 electromagnetic sword 이 고장날 위험이 있어서 초기치를 해야 한다. 어떤 지역의 물살은 선속보다 빠르기 때문이다. Griswold의 재생기는 전통적인 속도 측정 센서로 알려졌다. 아무도 풍압차에 의한 속도를 측정할수 없었다. 오늘날의 배는 음파로 바닥에 반사가 가능한 수심으로 속력을 측정한다.

1989년, 소수의 배에서만 dopplor sonar가 장착되었다. 상업적인 sonar log는 알맞은 상하각을 위해서 두 개로 되어있었다. 그것들은 선박의 속력을 잴수 있었다. sonar log의 특징은 측정할 필요가 없다는 것이었다. 그것은 대지속력이고, 오차에 민감하다.

정확한 항정은 스피드와 선수각으로 계산되었다. Cryer(1988)16세기에 컴퓨터와 유사한 예상위치 기계를 탐지했다고 기술했다. 배의 항정과 선수각은 'traverse table'이라 불리는 나무판에 못으로 구멍을 뚫음으로 표시되었다. 각각 4시간의 당직이 끝났을 때, 남과 북쪽의 평균을 측정해서 해도에 되었다. 항해사는 위도의 코사인 표에서 위도를 계산하고, 시계로 경도를 계산한다. 추측위치의 가장 큰 오차는 해류에 대한 선속, 풍압차, 정오나 한밤중에 반시간의 외보된 시간들이다.

## 5> 천측력

1400년대의 천측력은 항해지시를 하고 있었다. 1481년에 포르투갈에서 간행된 최초의 항해책자는 진북에서 북극성의 지는 표, 연중 시간에 따른 태양의 적위표, 여러 항구의 위도표, 정오태양관측의 위도표가 있었다. 만약 선장에게 천체관측에 대한 질문을 한다면 식(蝕)의 예상표를 사용했을 것이다.

1800년대에 하루의 시간이 측정 가능했다: telescopic sextant, 천체표, log-trig이 배에 있었다. 추측위치는 호런날에서는 나침판과 log로 수행되었다. 항해사에게 항해방법을 설명하기위한 많은 책들이 해양국가에서 나타났다. 영국의 저술가 Mount 와 Page. 이러한 책들에 의해 150년 이상 이름을 유지했다. 미국의 교재중 가장 유명한 책은 'The american Practical Navigator'이다. 쇠막대를 이용한 알맞은 편차를 구하는 작업은 가장 발전된 계산방법인 Sumner 의 위치선이다. Sumner의 방법은 선박의 추측위치에서 천체의 위치를 계산했다. 그리고 추측값과 실재값을 통해 위치를 개정했다. Bowditch와 Sumner의 방법은 영국에서 동양까지 범선항해가 가

능하게 만들었다. 같은 반복의 기술은 현대 디지털 컴퓨터의 항해위치를 포함한 오늘날 많은 종류의 계산에 쓰였다.

### 3. 현대의 항해

#### 1> 자이로 컴퍼스

태양이나 별이 보이지 않을 때는 나침판이나 log로 추측위치를 냈다. 나침반은 많은 오차가 있다.

철을 이용한 배는 로마시대만큼 오래 되었다. 2000년후에, 훌륭한 철이 증기기관과 선체에 쓰였다. 주조된 금속증기기관이 1780년에 프랑스에서 사용되었고 미국에 1787년, 스코틀랜드에 1787년에 사용되었다. 철의 비용이 싸지자, 점점더 선체에 철이 많이 쓰였다. 19세기말에 철이 새로운 소재로 많이 쓰임에 따라, 비자기적인 컴퍼스가 필요로 하게 되었다. 1911년에 독일의 Anschutz-Kampfe company는 수직적 힘을 받고 있는 floating gimbal에 회전바퀴로 구성되어 있는 gyro-wheel의 축을 수평이 되게 하고, 등급의 비율에 따라 이름을 붙이고, 지구의 자전비율에 중력토크가 세차운동을 만든다.

Max schuler는 공의 중력중심과 추축사이의 offset를 정확히 선택해서, 자이로는 배의 수평움직임에 별로 영향을 받지 않게 되었다. schuler tuned compass는 plumb bob가 지구중심에 있고, 84분이 걸리는 pendulum에 설치된 북쪽을 찾고자 하는 자이로이다. 이복잡한 이론은 1910-1920년동안 수정되고, 약화되었다. 정교한 유압, 기계장치들이 1944년에 발명되었다. 이후로 자이로 컴퍼스는 중요한 선수각을 나타내는 기구가 되었고, magnetic compass는 gyro compass가 고장났을 때 같은 보조용으로 쓰였다.

#### 2> 무선 항해

1차 세계대전동안, 무선 통신이 바다에 있는 배에 보내졌다. 375khz의 무선 beacon이 미국연안에 설치되었다. 이런 전자등대는 독립선호인 Morse lode를 보냈다. loop antena로 수천마일 떨어진 곳에서 신호를 잡으려하는 해운인에게 2개나 그이상의

교차방위로 선박들은 흐린날씨에도 위치를 낼수 있었다. 1922년에 미국해군은 대양의 지형이나, 물속의 잠수함 장애물을 찾을수 있는 sonar를 개발했다.

1935년에, 프랑스의 정기선 'Normandie'는 VHF radar를 가지고 있었다. 39년에 독일해군은 약 125MHZ의 VHF radar를 설치했다. Loran-A는 2차세계대전 중에 개발되었다. receiver는 두곳의 shore station에서 2MHZ의 펄스를 접수해서 다른 시간의 차이로 측정했다. 다른 시간대는 해도에 있는 참고타원체에 교점의 주기 쌍곡선이 비틀린다. 항해사는 해도의 표시된 시간과 2개의 발신국으로 부터의 측정하기 위해 receiver의 브라운관을 관측했다. 적어도 2개이상의 발신국의 관측으로 2개의 쌍곡선의 교점으로 위치를 얻는다. 2차대전시대의 몇 개의 발신국은 중국과 일본에서, 여전히 어민들을 위해 작동되고 있다. 서양의 Loran-A는 1980년 이전에 이용이 멈추었다. 지역적으로 Decca는 Powell에 의해 설명된 것처럼 2차세계대전이후로 영국주위의 바다에서 널리 이용되었다. 그것은 100KHZ의 쌍곡선시스템으로 개인회사에 의해 세워졌고, British Lighthouse Authority에게 팔려서, 여전히 사용되고 있다. The U, S Coast Guard, NATO, Japan, 그리고 몇몇 국가들의 통항이 많은곳에 20개 이상의 Loran-C 항해 연결고리들을 가지고 있다. Loran-C는 400000의 배가 사용하는 위상차 항해장비이다. 이것은 군사용이나, 항공용으로는 거의 사용되지 않는다. Loran-D라 불리는 휴대용 Loran-C 버전은 빠른 배치를 위해 미군에 위해 사용되어왔다. 전통적인 쌍곡선위치법은 100NM의 지역을 cover 하기위해, 3개에서 5개의 chain master의 기능과 적어도 2개의 slave station이 있어야 한다.

기본측정은 master와 2개이상의 slave의 지표파의 차이이다.

다른 위상차의 선은 transmitting station에 초점이 맞춰진 타원체의 쌍곡선같은 곡선이다. Loran을 이용하는 또다른 방법은 배안에 원자시계를 내장하고, 어떤 station에서 한 방향의 범위를 측정한다. 그러면 선박의 위치는 두원의 교점이다. 한 방향범위에서, receiver는 각각의 station에서 펄스가 전해지는 정확한 시간을 알아야만 한다. 한방향 범위는 전파속도가 개정될때까지는 'pseudorange'라고 불린다. 이것은 쌍곡선보다 시간오차가 나기 쉽다. 3개의 station은 이런 모호함을 풀어준다.

Loran receiver는 세계적으로 신호특성과 station의 좌표가 컴퓨터에 저장돼 있는 것을 포함한다. 이런 한 receiver는 자동적으로 station을 선택하고 선박의 위치를 계산하다. station의 1000 NM이내에서는 0.25NM이하의 정확도를 가진다. master의 신호를 받았을 때 동시에, slave에 전환된다. 모든 Loran master station이 원자시계에 상대적으로 그들의 발산에 시간이 걸릴 때, chain간의 구별은 어렵다. 그러므로 위치는 다른 chain들을 사용해서 가능해질 것이다. 비록 정확도는 떨어지겠지만

모든 Loran station은 cesium clock을 가지고 있다. U. S. Naval Observatory 가까운 Master station은 무선에 의해 일치된다.

먼거리의 master들은 naval observatory와 station간에 옮겨진 휴대용 원자시계와의 비교에 의해 일치시킨다. 몇 년간의 관측후에, station의 시계들은 10마이크로 세



컨드 이내로 측정돼야 한다.

### 3> 관성 항법

처음의 관성항법시스템(SINS)의 U. S. Navy' s compass Island에서 시험되었을 당시 1955년에 추측위치법은 크게 향상되었다. 선수와 level reference는 gyroscopic으로, 항정은 가속도의 수평성분을 측정함으로써 가능했고, 컴퓨터로 두 성분이 합쳐진다. 위치는 무선 위치사이의 여러시간동안 정확하게 유지된다. 오늘날 Mark 2 SINS는 모든 미국의 핵잠수함과 구축함에 쓰이고 있다.

### 4> 위성 항법

선박항해의 최근 가장 중요한 발달은 1964년 U. S Navy의 인공위성전송의 착수에서 왔다. 전송은 'Navy Navigation Satellite System'이라 불리는 7개의 위성으로 되었다. 150MHZ, 400MHZ tone 의 doppler 방법에 의한 측정은 10분동안 1-5W가 사용되는 위성에 의해 대체되었다. 선박의 컴퓨터는 여러 방식으로 수백미터의 오차내로 위치를 계산할수 있다. 두 개의 주파수의 접속은 선박에서  $+30\sim+90$  RMS 까지의 위치오차를 줄이는 대기개정의 계산이 가능하다.

1989년 현재 75000-100000 의 transsit receivers 가 세계적으로 사용되고 있다.

다른 위성들은 통신과, 항해서비스를 제공하지만, 전지역을 cover하진 않는다.

## 4. 미래의 항법

현재의 선박의 추세는 고속화, 자동화로 가고 있다.

고속화는 특히 선박과 항공기의 중간형태인 WIG선(수중 효과익선)의 연구가 한창 진행되고 있다., 이 연구는 러시아가 가장 앞서가고 있으며 우리나라의 조선회사들도 활발한 연구를 하고 있다. 2000년대에는 약 150노트이상의 500ton 이상의 화물

을 적재할 수 있는 선박으로 실용화 대어질 전망이다.

현재의 항해는 Total Navigation System으로 Bridge에서 모두 Control할수 있는 형태로 가고 있다. 그래서 선박의 인원이 대폭감소되고 있으며, 앞으로는 무인운항선도 출현할 것으로 보인다.

그리고 현재 전자해도(ECDIS)가 부분적으로 이용되고 있으며, 앞으로는 해도를 대체할 것으로 보인다.



## 6. 결 론

고대의 항해는 우연에 의한 항해였다. 너무나 위험천만했다. 그렇지만 근세로 넘어 오면서 나침반의 발명과 방위와 위도, 경도의 개념들이 생겨나면서 과학적으로 항해가 발달하기 시작했다. 그리고 오늘날에는 컴퓨터의 도입으로 전파와 인공위성을 이용한 항해들이 등장하기 시작했다. 그리고 가까운 시일 안에 무인선도 등장하리라 보고 있고 속도면에서도 혁명적인 발전을 해서 이제는 항공운송과 경쟁할수 있는 수준에 도달하고 있다.

이처럼 항해는 급속도로 발전하고 있다. 이에 운항자도 Hardware의 발전만큼 열심히 따라 가야 할 것이다.



### 參考文獻

From Sextant to Satellite

-Friedrich Jerchow

Navigation Land, Sea, Air & Space

-Myron kaytom

American Practical Navigator

-Bowdlich

